



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV MATERIÁLOVÝCH VĚD A INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

MATERIÁLY PRO ATYPICKÉ KONSTRUKCE RÁMŮ JÍZDNÍCH KOL

MATERIALS FOR ATYPICAL CONSTRUCTIONS OF BICYCLE FRAMES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DANIEL MOTL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL NĚMEC, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav materiálových věd a inženýrství

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Daniel Motl

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Materiály pro atypické konstrukce rámců jízdních kol

v anglickém jazyce:

Materials for atypical constructions of bicycle frames

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracování přehledu o materiálech v současnosti používaných pro stavbu rámců atypických jízdních kol a následné vyhodnocení hledisek vhodnosti jejich volby pro různé typy kol.

Cíle bakalářské práce:

- 1) Přehled materiálů používaných na atypické rámy jízdních kol
- 2) Popis vlastností jednotlivých materiálů
- 3) Rozbor hledisek volby materiálů pro atypické rámy jízdních kol
- 4) Definice závěrů vyplývajících z tématu

Seznam odborné literatury:

- 1) Ptáček, L.: Nauka o materiálu II. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002. 392 s. ISBN 80-7204-248-3
- 2) Fremunt, P., Podrábský, T. Konstrukční oceli. 1. vyd. Brno: CERM, 1996, 261 s. : il. ISBN 8085867958
- 3) Sedláček, V. : Neželezné kovy a slitiny. 1.vyd. Praha: SNTL, 1979. 398 s.
- 4) Chung, Deborah D. L.: Composite materials: functional materials for modern technologies. London: Springer, 2003. 289 s. ISBN 185233665X

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Němec, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 2. 2. 2015



prof. Ing. Ivo Dlouhý, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Bakalářská práce se věnuje materiálům na atypické rámy kol. Nejdříve krátká historie jízdních kol obecně. Poté obsahuje zadefinování pojmu atypické kolo i se čtyřmi praktickými ukázkami reálně vyrobených takovýchto kol. Dále už přechází k materiálům. Nejdříve jsou zmíněny všechny, jenž se ve světě cykloprůmyslu používají. Aby se z nich následně vybraly pro atypické rámy jen ty nejvhodnější. V závěru této práce jsou vybrané materiály rozebrány podrobněji.

Klíčová slova

Atypický rám, jízdní kolo, materiál, cargo-bike, Biomega, Radkutsche, Deutsche Post, Urban Arrow, historie, ocel, hliníková slitina

Abstract

Bachelor's thesis deals with materials for atypical bicycle frames. At first goes to history of generally bicycles. After gives definition what atypical bicycle is and includes four practical examples this type of bicycle which was real manufactured. Next step is about materials. Firstly about all types of materials uses in bicycles industry. Secondly the most suitable materials for atypical frames were chosen. In the end this materials were described in detail.

Key words

Atypical frame, bicycle, material, cargo-bike, Biomega, Radkutsche, Deutsche Post, Urban Arrow, history, steel, aluminium alloy

Bibliografická citace

MOTL, Daniel. *Materiály pro atypické konstrukce rámců jízdních kol*. Brno 2015: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 49 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Karel Němec, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Materiály pro atypické konstrukce rámuů jízdních kol* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Karla Němce, Ph.D. s použitím materiálů uvedených v seznamu literatury.

Datum

Daniel Motl

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Karlu Němcovi, Ph.D. za jeho cenné názory a klidné vedení této bakalářské práce. Také bych rád poděkoval své rodině a blízkým, kteří mi pomáhali a neustále pomáhají v průběhu celého studia.

Obsah

Úvod.....	9
1 Něco z historie	10
1.1 Krátce k historii jízdních kol a jejich materiálům.....	10
1.2 Pár dat či mezníků k utřídění si pořádku	11
2 Od bicyklu k atypickým rámcům	14
3 Příklady atypických rámců	16
3.1 Biomega PEK 11 SPEED	16
3.2 Radkutsche RAPID.....	21
3.3 Deutsche post (Německá pošta).....	24
3.4 Urban Arrow	27
4 Materiály na jízdní kola obecně.....	30
5 Jaký materiál na atypické rámy	35
6 Detailněji materiály „vhodné“	38
6.1 Dvě ocelové varianty	38
6.1.1 11 523 (S355J0) (–) (1.0553).....	38
6.1.2 15 130 (25CrMo4) (4130) (1.7218).....	39
6.2 Čtyři varianty hliníkových slitin	40
6.2.1 6061 (AlMg1SiCu)	40
6.2.2 7005 (AlZn4,5Mg1,5Mn)	42
6.2.3 7020 (AlZn4,5Mg1).....	43
6.2.4 7075 (AlZn5,5MgCu)	44
Závěr	45
Literatura.....	47

Úvod

Bakalářská práce se zabývá materiály na jízdní kola, konkrétně na atypické rámy kol. Těmi jsou například kola nákladní, kola pro zaměstnance pošty, městská kola do přeplněných měst, elektrokola, atd. Tato práce si rozhodně neklade za cíl podívat se na úroveň jednotlivých atomů a rozebírat používané materiály z pohledu vědy. Jejím výstupem by měl být především praktičtější náhled na různé druhy materiálů. Tedy žádné „mikro“, nýbrž nám všem nejpřirozenější „makropohled“ na materiál jako celek. Zmínit celý nabídkový sortiment, který ve světě cyklistiky je a z něho se postupně zaměřit na ony atypické rámy. Uveřejnit důvody, proč právě některé materiály jsou ty pravé. Závěrem zmínit oněch pár „vyvolených“ a jejich vlastnosti, ať už mechanické, fyzikální, či jiné, možnosti tepelného zpracování, atd. Nezačneme ovšem ničím jiným, než menší exkurzí do historie.

Tato práce by po přečtení měla dát jakýsi celkový, praktický pohled na všechny materiály, které se ke stavbě rámu jízdních kol využívají. Nu a pokud by se jednalo o osobu, jenž by se ráda pustila do výroby atypických rámu, pak by mohla mít k dispozici i shrnutí jak to asi v tomto odvětví v současné době vypadá.



Obrázek 1: Takto si představuji atypické jízdní kolo. Kolo, jenž jsem možná v Česku měl při výrobě možnost držet v ruce a setkání proběhlo asi o 2000 km severněji ve skotském Glasgow. VYRÁŽÍME !

1 Něco z historie

1.1 Krátce k historii jízdních kol a jejich materiálům

Nepočítáme-li „všeuměla“ a nepochybně génia jménem Leonardo daVinci, pak považujeme za dobu prvotních pokusů (a omylů) v konstruování jízdních kol pravděpodobně dobu přibližně dvě století zpátky. Všeobecně převládá názor, že za prvního „potomka“ jízdního kola označujeme vynález německého barona *Karla Draise*, jenž je pojmenován po něm, a to *Draisina*. Vyrobená byla ze dřeva. První materiál použitý na stavbu tohoto dnes běžně používaného dopravního prostředku bylo tedy dřevo. Velmi brzy se objevily první pokusy o ocelovou konstrukci. Nicméně vlivem ještě nezvládnuté technologie a také toho, že výsledné kolo vážilo až 40 kilogramů, se ocel ještě v začátcích neuchytila jako volba číslo jedna. Její čas přišel až kolem roku 1870. Tehdy už ne u Draisiny, ale u novějšího objevu s názvem *Velocipéd* si ocel našla své místo v podobě ocelových trubek, ze kterých byl zhotoven vlastní rám. Následovala docela dlouhá doba, kdy byla ocel v podstatě jediným využívaným materiálem. Až po válce, přesněji v druhé polovině 20. století se začalo nejdříve s experimenty a následně využitím slitin hliníku a titanu. Především prvně jmenovaný se postupem času vypracoval až do takové pozice, že převzal štafetu po dlouhá léta trvající nadvládě oceli. Zanedlouho za nimi následoval materiál, jenž byl původně vyvinut pro kosmický a letecký průmysl. Ano, jedná se o kompozit¹. Pokud bychom provedli rozdělení všech kompozitů, pak se v cyklistickém průmyslu nejvíce využívá typu s uhlíkovými vlákny a jako pojivo je zde použita epoxidová pryskyřice. Většina tomu neřekne jinak než „karbon“ [1,2,3,4].

Materiál je jedna věc, druhá je jak ony trubky spojit dohromady. Dnes nejběžnější spojování pomocí TIG svařování přišlo naprosto současně s využíváním slitin hliníku na stavbu rámu jízdních kol. Následně se rozšířilo i na ostatní materiály jako ocel či slitiny titanu. Ovšem takto se to nedělalo od prvopočátku. Před nástupem spojování trubek pomocí TIG svařování se trubky spojovaly pomocí tzv. „mufen“. Funguje to tak, že se trubky v uzlech rámu kola vkládají do těchto mufen a následně se zapájejí. Tento způsob lze rozhodně vidět i dnes, avšak děje se tomu tak spíše u kusové výroby, výroby na zakázku, kvalitní ruční práce. U rámu vyráběných velkosériově už nejspíše uvidíme svarové spojení. U kompozitů se to dělá ještě jinak. Pokud se spojují, tak pomocí lepení jednotlivých trubek do sebe. Nebo je lze dokonce v dnešní době vyrobít najednou bez jakéhokoliv spojování, tzv. technologii „monocoque“. A jen dodatek pro úplnost, lepení můžeme používat i u hliníkových rámu.

¹ Kompozit obecně je materiál tvořený dvěma složkami naprosto odlišné struktury a vlastností. První složkou je vyztužující vlákno (např. skelné, aramidové, uhlíkové,...), druhou pojivo (např. polyester, epoxidová pryskyřice,...). Máme obrovské množství možností jak to namíchat, proto je tak velká škála druhů kompozitů. Asi nejznámějšími jsou KEVLAR a KARBON. Kevlar je obchodní označení kompozitu s aramidovými vlákny. Karbon je zmíněný výše.

1.2 Pár dat či mezníků k utříbení si pořádku

1817 Rok, kdy si *Karl Drais* nechal patentovat svou *Draisinu*. Aneb, dle mnohých první zařízení, kterému by se v dnešní době říkalo jízdní kolo. Materiál: dřevo.



Obrázek 2: Draisina [5]

1860 První *Velocipéd* (kostitřas). Materiál: dřevo. Hlavním přínosem šlapací pedály.

1870 Zhotoven *Velocipéd* z ocelových trubek. Zprvu s ráfkem a jeho drátovou výplní ze dřeva. Postupem času se ovšem přešlo také na ocel. A u ráfku došlo k potažení pryžovou gumou [6].

1870–1880 Nesmíme zapomenout zmínit a zařadit populární „vysoké kolo“. Sedmdesátá léta byla ta, kdy tento především závodní prostředek „hýbal světem“. Zdobila ho do té doby nevídaná rychlost, nicméně velkým záporem byla nestabilita. Závodník seděl v podstatě přímo nad osou kola, takže stačila větší nerovnost na vozovce a následkem byl pád. Ústup tohoto bicyklu ze slávy nastal v podstatě objevením měničů převodů, kdy už nebylo třeba pro vyvození velké rychlosti velkého obvodu kola na jedno otočení. Rychlost obstaraly převody [1].



Obrázek 3: Vysoké kolo [7]

1880–1890 Od první gummy na kolech po devadesátá léta, kdy už se všichni cyklisté mohli pochlubit pneumatikami. To vše díky pánům jako byli *Dunlop* a *Goodyear*. Dunlop má zřejmě opravdu na svědomí aplikaci pneumatiky na jízdním kole. A na pana Goodyeara nesmíme zapomínat z toho důvodu, že bez jeho procesu vulkanizace gummy by to jistě také nešlo[1,2,3].

1885 Od tohoto roku zůstala základní koncepce jízdního kola až do dnešní doby v podstatě beze změny. Přední i zadní kola byla podobně velká, bicykl měl pedály s klikami, převody, pneumatiky, náhon na zadní kolo a rám z ocelových trubek dokonce už pospojovaných do tvaru dvou trojúhelníků, jak ho známe dnes [1,2,3].



Obrázek 4: Rok 1885, tzv. „bezpečné kolo“ [8]

1903 Čistě zajímavost, tento rok se prvně jela slavná Tour de France. Giro d'Italia si svůj první závod odbylo o šest let později a Vuelta si počkala až do roku 1935.

1. polovina 20. stol. Byla slabá co se vývoje jízdního kola týkalo. Příčina? Obě světové války. Navíc automobil se začínal stávat běžným dopravním prostředkem, tedy konkurence.

70. léta Léta dle mého velice důležitá. Došlo totiž v počátcích tohoto období k obrovské popularizaci a rozšíření jízdních kol. A to vše díky tomu, že ve Spojených státech se objevil nový „boom“ v podobě kol BMX a následně horských kol.



Cyklistický průmysl dostal nový impuls, protože logicky nároky kladené na tyto typy kol se liší od těch na ty silniční. Zintenzivnil se vývoj. Tento nový trend se brzy rozšířil do celého světa. V USA dokonce v roce 1981 prodej horských kol předčil prodej jejich silničních kamarádů.

Obrázek 5: Zrození BMX = čerstvý vítr pro cykloprůmysl [9]

Určitě i dalším nezanedbatelným faktorem, který znamenal návrat velké obliby jízdních kol je uvědomování si dopadů motorových prostředků na životní prostředí. A snaha o zdravý životní styl, čemuž jistě jízda v přírodě na horském kole napomáhá[1,2,3,4].



Obrázek 6: Sjezdové závody z kopců v přírodě [10]

70. léta ještě jednou Rozšiřování hliníkových slitin.

1974 První hromadná výroba titanových rámců.

80. léta Zavádění rámců z kompozitních materiálů.

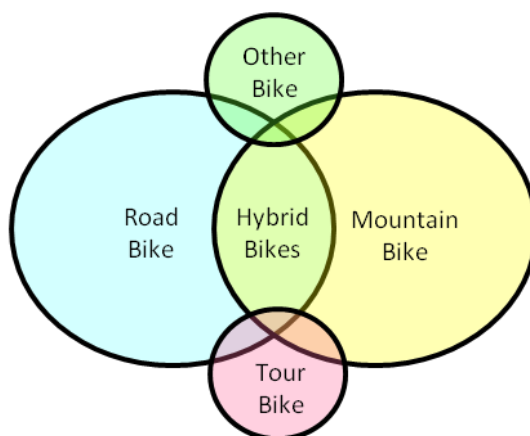
Milénium Na obzor veřejnosti se propracovaly i rámy z hořčíkových slitin, ač první pokusy byly uskutečněny už daleko dříve.

Léta budoucí? Uvidíme ... ☺

2 Od bicyklu k atypickým ráům

V další části této práce se budeme bavit o materiálech na atypické rámy kol. Pojdme si tedy nyní zadefinovat, co to atypické rámy jsou a které bicykly můžeme řadit do této skupiny. Abychom pak byli schopni říci, když někde na ulici uvidíme něco podobného: „ano, u tohoto kola by připadaly v úvahu materiály, jenž jsem tenkrát četl v nějaké bakalářce“.

Myslím, že pokud bychom se zeptali všech lidí, jak a dle čeho by rozdělili jízdní kola, velká většina by odpověděla na silniční a horská. Po o chvilinku delší úvaze by třeba někdo přidal trekkingová, možná elektrokola, „skládačky“, lehokola, „tandemy“, BMX, či dětská. A mají určitě pravdu. Řekněme, že v takovém hrubém nástřelu by jistě šla jízdní kola rozdělit minimálně na ty dvě prodejné největší skupiny a to silniční, horská a dejme tomu zbytek.



Obrázek 7: Základní rozdělení jízdních kol [11]

Doba se ovšem vyvíjí, a popravdě i k mému překvapivému zjištění, lze dělit ještě podrobněji. Silniční kola například lze dále třídit na silniční závodní, časovkářské a dráhové. Nebudou tu rozebírány detaily, čím se odlišují. Já osobně jsem toho nejméně

věděl o dráhovém. Nevěděl jsem například, že nemá brzdy a naopak že má pouze jeden převod. Že sedlo oproti řídítkům ze všech druhů kol nejvýše z toho důvodu, aby kolo s jezdcem mělo dohromady co nejvíce aerodynamický tvar. Známou věcí je, že zadní kolo je plné (bez drátové výplně) opět z důvodu lepšího obtékání vzduchu [1,2].



Obrázek 8: Dráhové kolo [12]

Horská kola můžeme rozdělovat dokonce ještě více, a to na cross-country, trail, freeride, downhill, enduro, trial nebo dirt-jump. Určitě existuje i malinká skupina módních a designových výstřelků, které mají dozajista také svůj účel – zviditelnit firmu či nové technologie, aneb, podívejte, co vše už dnes dokážeme [1,2].



Obrázek 9: Jaký je to asi pocit? [13]



Obrázek 10: Ukázka designérovovy kreativity [14]

Tedy, existuje velké množství typů, v podstatě pro každou specializaci vlastní model. Já si do této práce vybral atypické rámy, do nichž bych zahrnul kola městská a tzv. cargo-bikes (nákladní kola).

Tyto rámy jsou charakteristické především výrobou v menších sériích. Dále se při jejich návrzích a následné realizaci nehledí tolik na každý gram (váha je určitě důležitým parametrem, ale ne v takovém měřítku jako například u silničních speciálů). Trubky nemusí být aerodynamicky tvarované. Když už, tak se jejich tvar a průřez volí takový, aby dokázaly přenést co největší zatížení při co nejmenší hmotnosti. Tedy poměr pevnosti k hmotnosti aby byl co největší. Dalším jejich poznávacím znamením je v některých případech větší počet použitých trubek oproti „klasice“. Důsledkem všech těchto faktorů je dle mého názoru fakt, že tyto „atypy“ se nikdy nebudou vyrábět v obrovských firmách. V takových, ve kterých se z výrobní linky „sázejí“ rámy jeden za druhým. Ve velkých sériích je možné např. upravovat konce trubek laserem, obrábět na

automatizovaných strojích, či svářet vše dohromady v jeden celek díky robotizovanému pracovišti a tak dále. Takto si myslím, že se rámy, jimiž se zabývá tato práce, nikdy vyrábět nebudou.



Obrázek 11: Atypický rám [15]

3 Příklady atypických ráků

Jelikož jsem v jedné firmě strávil už spousty hodin na brigádě, budou zde uvedené příklady kol brány právě z této firmy. Důvod je zřejmý, vím toho o nich o něco málo více než o jiných. Konkrétně to budou čtyři výrobky – z toho tři z hliníkových slitin a jeden z oceli. Co mají společného? Třeba to, že jsou vyrobeny na konvenčních strojích, v relativně malých sériích a vše je sváreno a pájeno ručně. Faktory, ve kterých se naopak odlišují, budou probrány na následujících řádcích.

3.1 Biomega PEK 11 SPEED

Tento rám i s košem je pro dánskou firmu Biomega. V téže zemi se také finální kolo ustrojí a následně prodá. Jedná se o tzv. městské kolo, určené například na nákupy a jiné. Zvláštností je tady více.



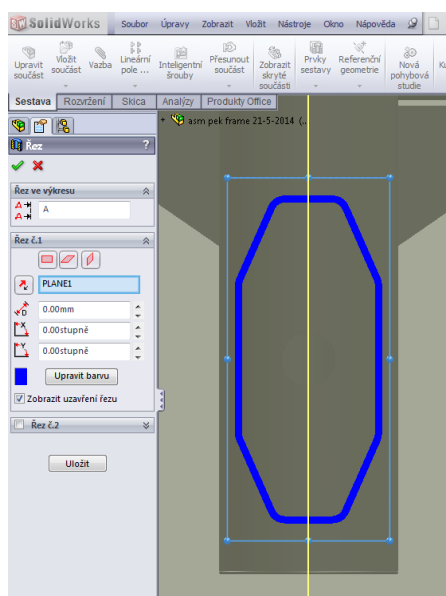
Obrázek 12: Biomega PEK 11 SPEED [16]

První, co zřejmě neujde ničí pozornosti je skutečnost, že zadní kolo je větší než přední. Tady toto není výsledkem dlouhého bádání inženýrů, ale prostým faktem, aby koš nebyl nepatřičně vysoko, nezhoršoval tak výhled řidiče a nerušil estetický vjem z kola jako celku. Dále převod není realizován pomocí klasického řetězového převodu, ale ozubeného řemenu. K vidění je i táhlo nutné k přenesení síly potřebné k ovládání předního kola. Pro mě je zajímavé to, že na rámu je použit zvláštní profil. Nejedná se zde všude pouze o klasicky kruhový. Hlavní trubka (rozdělená na dvě části), což je ta dolní takřka vodorovná, má tzv. diamantový profil (Obrázek 13), který se ještě na straně směrem k šlapacímu středu sbíhá do kuželu. To s sebou jistě přináší nárůst pevnosti a tuhosti v rovině symetrie rámu, ale také zvýšení „lívivosti“ a v neposlední řadě dostatek místa na viditelné logo výrobce. Dle výše zmíněného si asi těžko takovéto tvary dělá tato firma sama. Takto profilované trubky už přicházejí z kooperace hotové a zde se už jen zafrézují konce dle požadavků, vyvrtají se různé otvory a vše se svaří dohromady. Přední koš se vyrobí klasickým nařezáním trubek na potřebné délky, které se následně

naohýbají na strojních hydraulických ohýbačkách, zafrézují se konce, sestaví se do přípravku a zavaří se v jeden celek. Samozřejmě s finální kontrolou, jelikož svařováním vzniknou ve výrobku pnutí, která mohou způsobit lehké zdeformování. Proto je posledním krokem mechanické rovnání, aby výsledek vypadal rozměrově tak, jak stanovuje výkres a rozměry s tolerancemi na něm.

- ◆ **MATERIÁLEM**, ze kterého je vyrobený celý rám je hliníková slitina Al 7005. Rám je po svaření následně tepelně zpracován v peci po dobu 8 hodin při teplotě 120 °C, jedná se o tepelné zpracování, které nese označení T6. Takto je to s celým rámem včetně koše, ovšem mimo přední vidlici, kterou si nechává dánská firma vyrábět na Taiwanu. Ta je mimochodem ocelová.

- ◆ **PROFIL TRUBEK** je, jak již bylo napsáno, nejzajímavější u té nejdelší a „nejsilnější“ z nich. Profil v řezu je na Obrázku 13. Takovýto tvar propůjčí trubce větší odolnost proti ohybovému momentu v rovině symetrie rámu díky většímu kvadratickému momentu. Jejího profilu je dosaženo hydroformingem, čímž se přispívá ke zvýšení tuhosti a pevnosti. Proto si myslím, že i její odolnost proti případnému bočnímu zatížení by byla v pořádku. Ostatní trubky jsou kruhového průřezu různého průměru. Až na zadní řetězové vzpěry, které jsou ovalizované.



Obrázek 13: Tzv. diamantový profil hlavní rámové trubky

- ◆ **ZAPUŠTĚNÉ LOGO** je snad alespoň trochu viditelné na Obrázku 14 na další straně. Výrobu této trubky s logem jsem neměl možnost vidět, jelikož se nevyrábí v České republice. Dvě varianty ovšem mohou připadat v úvahu. První je taková, že jelikož se celá trubka tvaruje ve formě pomocí již zmíněného hydroformingu, může být tento nápis na jedné straně formy. Samozřejmě v negativu, tedy ne zapuštěný, ale naopak vystouplý. Polotovár se vloží do formy, ta se uzavře, pustí se do ní horký olej pod tlakem a trubka se vytvaruje jak do požadovaného diamantového tvaru, tak se na ni navíc vymáčkne ono logo. Druhá varianta by mohla být ta, že se nejdříve hydroformingem vytvoří diamantový profil. Následně se trubka vezme pod lis a s předem připravenou matricí se vyrazí název firmy. Přičemž bude samozřejmě důležité vložit něco dovnitř trubky, aby nedošlo k zborcení profilu.

◆ ŘEMEN místo řetězu



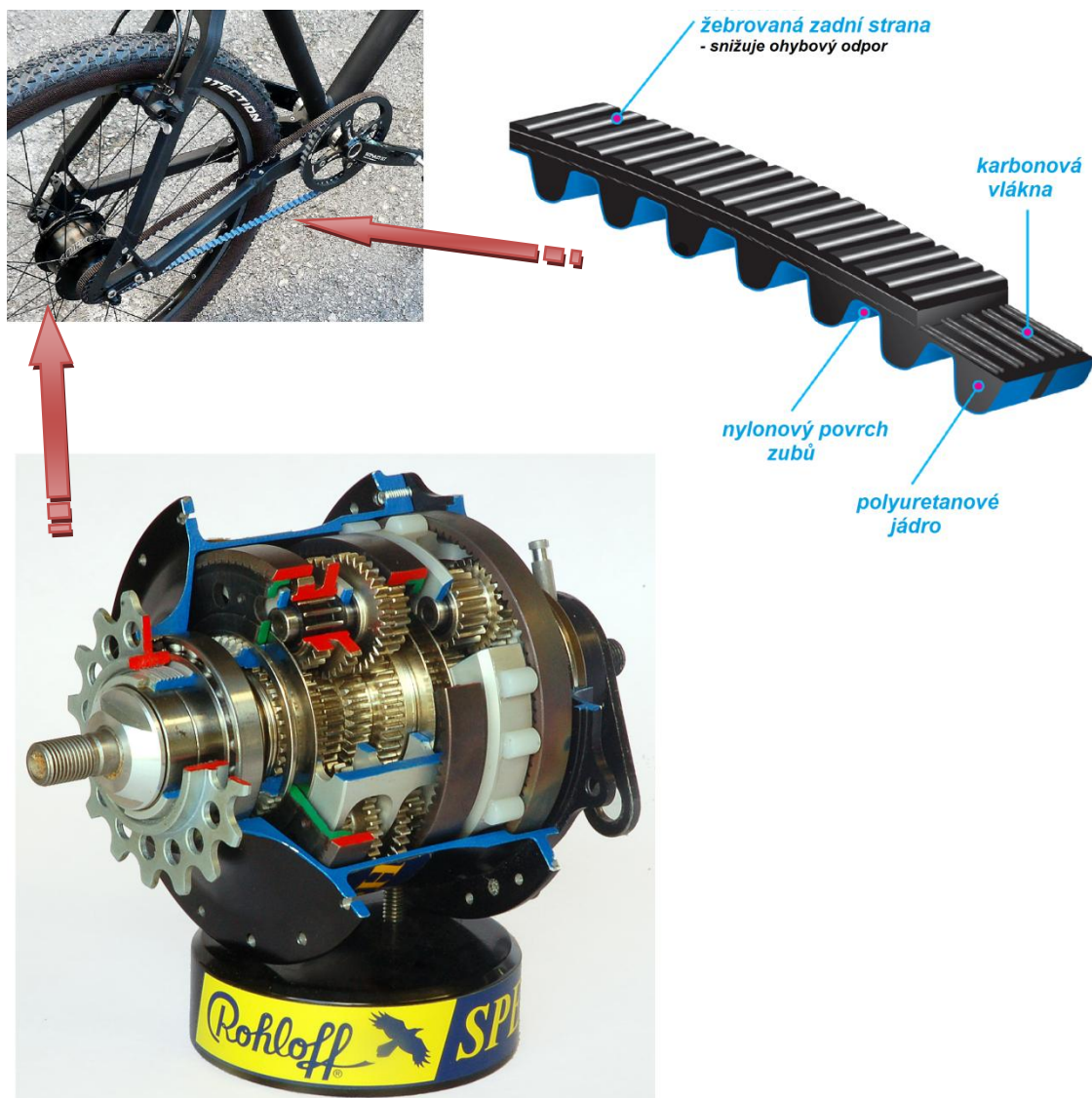
Obrázek 14: Detail na řemen a zapuštěné logo [16]

Ač to není cílem této bakalářské práce, pokusím se v následujících odstavcích nastínit výhody a nevýhody tohoto rozšiřujícího se trendu. Prvně je to zajímavé, a dále se také volba druhu převodu podepíše nepatrně, okem možná skoro nepozorovaně, ale důležitě do samotné konstrukce rámu jízdního kola. Móda, nebo technické opodstatnění? Možná i troška módy, ale důvody proč použít ozubený řemen tu jsou. Nejdříve je nutno zmínit výrobci nejvíce uváděná životnost, někteří tvrdí dvojnásobná, největší optimisté až trojnásobná. A že se nejedná o výmysl by jistě doložil jeden z účastníků etapového závodu v Chile, který s řemenovým převodem najel 18 000 km a ještě ho prý rozhodně nehodlá měnit. V podmínkách jako sníh, bláto, déšť, sůl nebo ostrý štěrk. Řemen vydržel, a navíc na rozdíl od svých protivníků se o něho nemusel starat (mazat). Zpět z Chile k důvodům proč řemen ano. Bezúdržbový provoz, žádné mazání, nic takového. Což přímo souvisí s dalším, žádné umazané nohy, nohavice od oleje. A také je lehčí a tišší než jeho řetězový sok. Samozřejmě nic není černobílé, takže tu jsou i nevýhody, například cena. Řetěz lze sehnat od nejlevnějších za 200 Kč po ty nejdražší pohybující se okolo 1 300 Kč. Ozubený řemen se s cenou pohybuje okolo 1500 Kč a navíc dnes ještě není na všech prodejnách tak běžný [17].

Jisto jistě to ale nechodí tak, že by si člověk s klasickým kolem řekl „chci řemen“, koupí si ho a jede. Spousta věcí je tomu na kole uzpůsobena. Klasický řetěz se vyměňuje tak, že se pomocí speciálního přípravku rozpojí, aby nebyl uzavřený, a následně sundá. Vezme se nový řetěz, rozpojí se opět pomocí stejného přípravku, nasadí se a do třetice se totožným přípravkem spojí. Řemen asi těžko rozpojíme a spojíme (možná tak jednou rozpojíme, naposled). Proto u jízdního kola využívajícího tento způsob je nutné udělat zadní koncovku na rámu rozebíratelnou.

Dále jak řadit? Nevidíme tu, jako obvykle u řetězu, například vpředu 3 a vzadu 9 ozubených kol, mezi nimiž volíme. Takto to u řemene nelze. Zde se proto využívá integrované převodovky v náboji zadního kola, která se v dnešní době již dostala až na 14 možností převodových stupňů. Což je zdá se dost, ale existují oblasti využití bicyklů, kde je to stále málo. Závody na horských kolech,

kde se jede jak do kopce, tak z kopce jsou toho jistě příkladem. Pro srovnání, pokud řetězový převod má vpředu 3 a vzadu 9 ozubených koleček, pak má jezdec na výběr z 27 možností převodových stupňů. Ale určitě je velká škála lidí, kterým bohatě 14 stačí. Minimálně pro nějaké to ježdění po městě či na výlety. Jsou dokonce tací, kteří si vystačí s provedením tzv. „singlespeed“, což je jeden trvalý převod bez možnosti řazení jiných. Zde je varianta využití řemenu jistě lákavá. Nebo pokud se bavíme o elektrokole, kde je elektromotor umístěn v předním náboji a pedály slouží pouze k občasnému přišlápnutí, či rozjetí. V tomto případě by jistě šlo také využít pouze trvalý jednostupňový převod a uskutečnit ho řemenem. Závěrem, z čeho je vlastně vyroben? Jedná se v podstatě o stejné řemeny, jaké se používají v rozvodech aut na motoru, kde řečeno zjednodušeně spojují klikovou a vačkovou hřídel. Samotný řemen se skládá ze tří částí. Na povrchu je nylonová vrstva, která má vysokou otěruvzdornost a chrání tedy polyuretanové jádro, které je vyztuženo uhlíkovými vlákny pro dosažení potřebné pevnosti [18,19].



Obrázek 15: Převodovka Rohloff integrovaná v náboji zadního kola + řemen od firmy Gates [17,18]

- ◆ **SÉRIE** po kterých se tato kola vyráběla byly asi 25 kusů. Tento počet je firma schopná vyprodukovat při současném běhu ostatních zakázek řekněme tak za jeden měsíc.
- ◆ **CENA** tohoto dopravního prostředku se v přepočtu na české koruny pohybuje okolo 60 000,- s DPH.

3.2 Radkutsche RAPID

Druhý výrobek v pořadí, který jsem si vybral je Radkutsche RAPID. Rám bude putovat do Německa, do firmy Radkutsche. Jedná se o tzv. cargo-bike, volně přeloženo do češtiny pravděpodobně jako „nákladní kolo“. Sloužící, jak už název napoví, k přepravě nákladu skrz auty přeplněná města. Ale nejen to. Na základní ocelový rám lze následně dle přání zákazníka namontovat různé vybavení přední části. Ať už se jedná o jakousi vanu pro umístění přenosné sedačky s malými dětmi či nákupů. Součástí této vany je lavice s bezpečnostními pásy pro případ převozu potomků o něco málo starších. Dále je tu možnost vybavit se uzavíratelným a uzamykatelným boxem. Nebo je tu poslední varianta v podobě dřevěné desky s popruhy pro převoz právě nějakého nákladu. Příčiny existence vzniku takovéhoho dopravního prostředku jsou auty přeplněná centra měst, flexibilnější, pružnější pohyb po takovýchto místech, pohodlné parkování, environmentální chování (ač likvidace baterie zřejmě nebude to nejekologičtější) [20].

Konkrétně u tohoto typu si lze vybrat variantu bez elektropohonu, pak je pohyb uskutečňován jen a pouze šlapáním. Nebo s elektropohonem, poté lze šlapání a sílu od motoru vzájemně kombinovat klasicky otočným madlem jako na motocyklu. Přičemž maximální rychlost je státně stanovená na 25 km/h. Do této rychlosti totiž ještě lze tento dopravní prostředek řídit bez řidičského oprávnění a vztahují se na něho všechna práva a povinnosti stejná jako na jízdní kolo. Na obrázku je možné také vidět řešení přenesení síly potřebné k zatačení předního kola pomocí táhla. Dále je možné si všimnout, že tu opět nenajdeme běžný řetězový převod, ale řemenový [20].



Obrázek 16: Radkutsche RAPID v plné kráse [21]

- ◆ **MATERIÁLEM** použitým v případě tohoto rámu je ocel, konkrétní označení ČSN 15 130. Hlavním smyslem tohoto výrobku je přemísťování věcí. Důvody, díky kterým byl v tomto případě použit právě tento materiál, jsou zde víceméně zřejmé. Hlavním je pevnost, především pak únavová pevnost. U „nákladního“ kola si myslím nehraje roli, pokud je samotný rám o nějaký ten gram, nebo dokonce i kilogram, těžší či lehčí. Především pak, pokud je výsledné kolo vybaveno elektromotorem.
- ◆ **PROFIL TRUBEK** je v tomto případě volen jen a pouze kruhový v podstatě na všech částech. Pro úplnost, výjimku tvoří pouze řetězové vzpěry, což ovšem není vůbec nic neobvyklého. Ty se dělají často oválného průřezu, který se směrem k ose zadního kole sbíhá do kužele.
- ◆ **TĚŽIŠTĚ**, bod na tělese bezpochyby velice důležitý pro nákladní automobily, cisterny, letadla, převozní lodě a další. Není radno si s ním zahrávat ani u tohoto dopravního prostředku. Představa, že úložný prostor bude metr nad zemí, na něm naloženo 200 kg a nedej bože ještě foukat boční vítr, to by asi nebylo ideální. Proto je tu vše děláno tak, aby těžiště bylo co nejnižší to lze. Dopad na jízdní vlastnosti, manévrovatelnost, je nezpochybnitelný. Dokonce i baterie sloužící k napájení elektromotoru, jenž má také nezanedbatelnou hmotnost, je umístěna pod nákladním prostorem. Samozřejmě patřičně zakrytována, chráněna před poškozením a umístěna na dobře dostupné místo [20].
- ◆ **VARIANTY VYUŽITÍ** jsou tu v podstatě dány vybavením přední poloviny kola. Pokud majitel hodlá převážně vyvážet na výlet své ratolesti, pak se pravděpodobně vybaví onou vanou. V jiném případě, například pro rozvážení letáků, balíků, ovoce, zeleniny zřejmě zakoupí uzamykatelný box. Pokud by se jednalo o opravdu těžší a rozměrnější věci, pak je tu dřevěná deska s popruhy na uchycení. Přepravní prostor má rozměry 83×50 cm [20].



Obrázek 17: Možnosti dovybavení dle účelu [20]



Obrázek 18: Ukázka varianty k převozu dětí [20]

- ◆ **NOSNOST** udávaná výrobcem je stanovena na 200 kg. Samozřejmě myšleno nosnost nákladního prostoru (nikoliv řidič plus náklad).
- ◆ **SÉRIE**, ve kterých se tyto rámy vyrábí, se pohybují okolo 50 kusů. Toto množství firma dodá odhadem tak za měsíc a půl, až dva měsíce.
- ◆ **CENA** v přepočtu na české koruny začíná na 100 000,- s DPH ovšem bez elektromotoru. S elektromotorem se pohybujeme okolo 130 000,- s DPH.

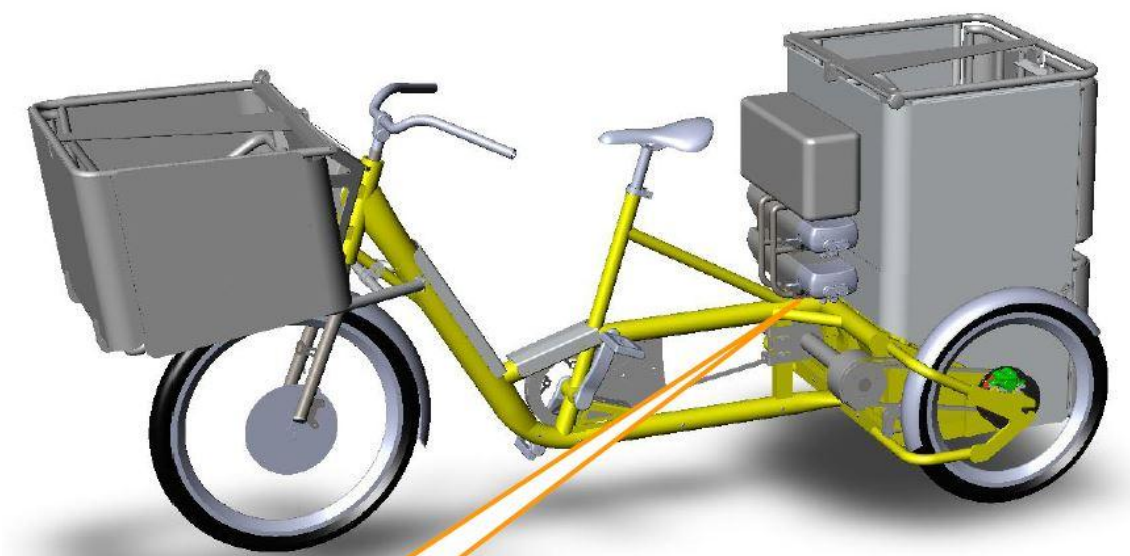
3.3 Deutsche post (Německá pošta)

V tomto případě byla zákazníkem německá univerzita RWTH Aachen University, která tento projekt vypracovávala pro jejich národní poštu. Studenti vytvořili výkresovou dokumentaci. Realizace rámu proběhla v Čechách i s lakováním, a finální ustrojení všech komponent bylo provedeno zpět za hranicemi. Nebylo to tak, že by tato zakázka byla pro celou Německou poštu, nevyrábělo se tedy tisíce rámců. Naši západní sousedi se sice vydali tímto směrem – listonoši na kolech, ovšem netrvali na tom, aby všechna byla identická. Proto je možno v Německu vidět spousty modelů, které jsou dodávány od různých firem.

„Naše“ česká firma dostala za úkol dva typy. Klasické dvojkolo vybavené dvěma bednami (Obrázek 19) a také trojkolo, kde už jsou bedny tři. Obě tyto varianty jsou následně doplněny i o elektromotor. Dále se tu budeme věnovat spíše tomu druhému provedení. Základ je v podstatě podobný, ale především v zadní části je „trojkolka“ složitější a to je hlavní důvod, proč je pro nás atraktivnější. Bohužel se mi nepodařilo být vlastníkem foto reálného výrobku, tak alespoň Obrázek 20, což je finální CAD model vytvořený na univerzitě.



Obrázek 19: Dvojkolo Deutsche Post



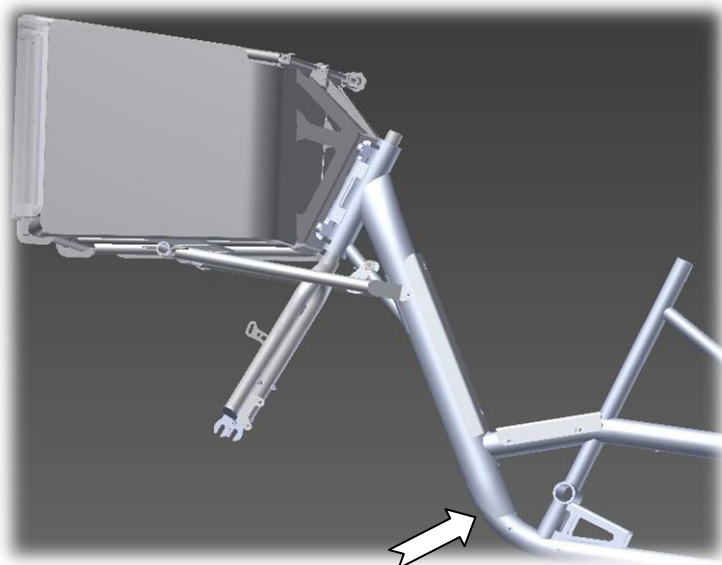
Obrázek 20: Trojkolo Deutsche post

Mezi zajímavé části na tomto jízdním kole (pokud ho tak i přes tři kola a elektromotor smíme nazývat) můžeme považovat například přenesení náhonu od šlapání na zadní kola. Je zde využito dvou ozubených řemenových převodů. První vede ze šlapacího středu směrem dozadu na hřídel a druhý z hřídele na osu zadního levého kola. Lze tedy buď šlapat, nebo si dopomoci elektropohonem, který je umístěn v náboji též levého kola. Přední a vrchní zadní bedna nejsou přivařené, ale přišroubované, takže je možnost je v případě potřeby odmontovat. Do obou těchto boxů je přístup k přepravovanému zboží dvojí. Buď zepředu sklápěcími (padacími) dvířky, jenž se ve spodní části otáčejí v pantech. Nebo druhá možnost je ze shora, kde je roleta. Oba tyto přístupy jsou opatřeny zámky.

♦ **MATERIÁL** je použit Al 7005. Tato hliníková slitina je použita na všech důležitých částech, včetně beden. Na jejich oplechování je použit plech tloušťky 0,5 mm. Z tohoto plechu se nechají laserem vypálit požadované tvary a následně se ve speciálním přípravku ohýbají dle rozměrů předepsaných na výkresech. Tepelné zpracování po svařování se v tomto případě provádí bez oplechování. Tedy samotný rám a samotné bedny. Jedná se o stejný tepelný proces jako v případě kola z kapitoly 3.1. Tedy 8 hodin při teplotě 120 °C, neboli označení T6.

♦ **PROFIL TRUBEK** základního rámu je v podstatě všechen kruhový. Na pár místech jsou konce trubek zovalizovány, ale to je především z důvodu technologických, než konstrukčních. Jak totiž svařit dohromady trubku průměru 70 mm s druhou o průměru 50 mm? Postup je takový, že trubka většího průměru se na konci zmáčkne pod lisem (vytvoří to oválný tvar) tak, aby menší rozměr oválu odpovídal průměru menší trubky, tedy 50 mm. Následně se tento lisovaný konec ofrézuje průměrem frézy tohoto rozměru. Pak už následuje pouze svaření obou částí dohromady. Jelikož se jedná o produkt, který bude poměrně dost namáhaný, najdeme tu větší počet různých vzpěr, které slouží právě k zvětšení tuhosti celého rámu.

Zajímavý je pohled na hlavní trubku dole v ohybu, kde přechází kuželovou



redukci větší průměr v menší, viz Obr. 21. Kuželová redukce je z plného materiálu. Je to tedy taková spojka mezi těmito dvěma trubkami, vše je zavařeno. Nutno provést důkladně, jedná se o jedno z nejnámáhavějších míst na celém rámu.

Obrázek 21: Přechod kuželovou redukcí z trubky většího průměru na menší

- ◆ **SPLNĚNO.** Přesně tak se dá charakterizovat Obrázek 22. Na něm lze vidět konečnou verzi tohoto výrobku, jenž opouští Českou republiku a míří za svými zákazníky. Takto hotový, nalakovaný rám s bednami (třetí bedna bohužel na obrázku chybí, ale měla by tam být), výztuhou pod přední box a držákem na baterii je připraven k expedici.



Obrázek 22: Hotové trojkolo před balením

- ◆ **SÉRIE** byly různé. Dvojkolo se vyrábělo až v množství 40 kusů. Trojkolo v množství menším pohybujícím se okolo 10 kusů.
- ◆ **CENA** tu nebude uvedena. Nejedná se totiž na rozdíl od ostatních příkladů o komerční produkt.

3.4 Urban Arrow

Celým názvem URBAN ARROW Smart Urban Mobility, tot' název holandské, přesněji amsterdamské firmy, která pod svou značkou prodává tento výrobek a to rovnou do jedenácti zemí světa. Jedná se v podstatě o konkurenci k Radkutsche RAPID, tedy kola probíraného v kapitole 3.2. Opět tu mluvíme o tzv. cargo-bike. Tedy o jízdním kole určeném k přepravě nákladu, zboží, popřípadě dětí skrz města. Znovu, jako v případě všech předešlých tří rámu je průběh takový, že v Čechách se vyrobí kompletně celý hliníkový rám včetně laku. Zabalit, odeslat. O zbytek už se v zemi tulipánů postarají sami.



Obrázek 23: [22]

Jaký je rozdíl mezi Radkutsche RAPID a Urban Arrow? Ač mně osobně přijdou vzhledově oba produkty povedené, zřejmě se nelze ubránit dojmu, že holanďané vsadili



více na design. Využili větších průměrů trubek, větších profilů a tím pádem zvolili hliníkové slitiny. Němci šli více po funkci a únosnosti. Proto zřejmě dali přednost ocelovému provedení. Však také nosnost je o 50 kg vyšší. Dalším rozdílem, jenž stojí za povšimnutí (kterého si ale z horního obrázku nelze všimnout) je ten, že Urban Arrow je vyroben ze dvou oddělených částí. Částí přední a zadní. Půlí se přesně v půli a také v tomto místě jsou oba tyto kusy spojeny šrouby v jeden celek. Radkutsche je běžný rám bez jakéhokoliv

Obrázek 24: V horní části provedení Cargo, v dolní Shorty [22]

dělení na více částí. Proč chtějí mít v Amsterdamu kolo na dvě půlky? Pravděpodobně proto, že tato firma dává ještě možnost zakoupit právě tu přední část jinou, tzv. Shorty. Jde tedy o to, že pokud by si zákazník dokoupil ještě tento díl, může si následně doma povolit šrouby a vyměnit „cargo variantu“ za Shorty. Která je lehčí, kratší, lépe ovladatelná, vhodná spíše na nákupy, nebo dle vlastního uvážení. Děti už bych s tím ale nepřevážel. Jinak opět je tu možnost vidět ozubený řemen místo řetězu. Dále táhlo jenž přenáší kroutící moment z řídítek na přední kolo. I u provedení Shorty je táhlo, ovšem kratší [22].

◆ **MATERIÁL** je tu použit dvojitý. Pokaždé se jedná o hliníkovou slitinu. Zadní půlka je vyrobena z trubek různých průměrů a materiál je tu Al 7005. Z tohoto stejného je postavena i přední část typu Shorty. Naopak přední část provedení Cargo je poskládána z obdélníkových profilů a zvolen byl materiál Al 6061. Po svařování následuje tepelné zpracování přesně takové, jaké je v této firmě zvykem, tedy 8 hodin na 120 °C, aneb označení T6. Toto tepelné zpracování se provádí pouze u těch částí, které jsou z materiálu Al 7005. To znamená, že u přední části typu Cargo se T6 neprovádí.

Ještě pár slov k použitému materiálu. V případě, že holanďané nejdříve navrhli design a až poté se zabývali otázkou materiálu, pak jsou jimi zvolené hliníkové slitiny logickým vyústěním. Totiž představa, že by hlavní trubka, která má průměr 80 mm a přední část zhotovená z profilů byly ocelové, není asi moc reálná. O tak velký nárůst hmotnosti by jen těžko někdo stál. Pokud byl postup obrácený, tedy věděli, že chtějí hliníkový produkt, pak to konstruktérům a designérům umožnilo dovolit pracovat s trubkami větších průměrů, menších tloušťek stěn, tzn. využít i oversize efekt. Pro úplnost, přední vidlice je ocelová.

◆ **PROFIL TRUBEK** je, jak bylo napsáno, v podstatě všechny kruhový. Samozřejmě až na tu nákladní část z obdélníkových profilů.

◆ **VÝROBA RÁMU** z pohledu svařování není nijak neobvyklá. Z pohledu přípravy jednotlivých částí už se tu ovšem pár zajímavostí najde. Pro typ Cargo existují dva hlavní přípravky. V jednom se sestavuje a následně bodovým svařováním



Obrázek 25: Zadní sedlová vzpěra [23]

kompletuje přední část. Následně se takto „pobodovaný“ celek vyjme z přípravku a celé se to zavaří načisto. Nesmí chybět finální rovnání. V druhém případě proběhne to stejné, ovšem se zadní částí. Hlavní trubka průměru 80 mm je ohýbána na klasické strojní hydraulické ohýbačce. Zadní sedlová vzpěra z Obrázku 25 je vyrobena tak, že rovná trubka je ohnuta o 180 ° a toto „účko“ se následně pod lisem se speciální matricí už jen prohne do oblouku, který je nejlépe vidět z úplného bokorysu. Následuje ofrézování konců jednotlivých „noh“ této sedlové vzpěry a také na vrcholu „účka“ vyfrézovat rádiusové vybrání, které přesně přilehne na hlavní sedlovou trubku. Toto vybrání se dělá proto, aby délka svarového

spoje byla co nejdelší, tím pádem bude zajištěna únosnost. Za další samozřejmě už samotné takto obrobené tvary přiložené k sobě zvětší únosnost více, než spojení natupo.

Dále je tu ohýbaná trubka, jenž obepíná šlapací střed. I tady byl proveden ohyb v podstatě o 180 °, poté se ofrézoval konec, aby přesně pasoval při sestavování celku na tu nejspodnější dlouhou, lehce prohnutou trubku. Fakt, který by možná neodhadl každý je právě ten, že u hliníkové slitiny můžeme pracovat i s tím, že pokud vydrží ohyb 180 °, tak už ji opravdu lze tvarovat takřka jakkoliv.

Poslední co zmínit, konstrukce lemuující vrch pěnové vany je sestavována ve třetím přípravku. Takto hotová je poté přírubou a šrouby spojena s hlavovou trubkou. Dlouhé plynulé ohyby, jež je možné vidět nejen u této konstrukce, jsou zhotoveny na strojních zakružovačkách, nikoliv ohýbačkách.

- ◆ **TĚŽIŠTĚ** je znovu šikovně umístěno co nejnižší. Dle mého názoru je u jízdních kol, které ať už převáží cokoliv nejvhodnější právě toto řešení s nákladem před sebou a položeným co nejnižší. Člověk tak má vše pod kontrolou. Především pak, pokud převáží děti, jejichž dynamické pohyby je lepší vidět a hned patřičně reagovat, než být najednou „překvapen“ při variantě, kdy by seděly někde vzadu.
- ◆ **VARIANTY VYUŽITÍ** jsou zobrazeny na Obrázku 26. Nákladní provedení nabízí využít buď pěnovou vanu ať už s či bez vrchní ochrany proti dešti, nebo uzamykatelný box. V kratší verzi je na výběr z otevřeného koše, potažmo z uzavíratelného termoboxu zobrazeného vpravo dole.



Obrázek 26: [22]

- ◆ **NOSNOST** je buď 150 kg nebo 100 kg. Dle volby delší či kratší varianty.
- ◆ **SÉRIE** pohybující se okolo 50 kusů.
- ◆ **CENA** je okolo 100 000,- až 120 000,- s DPH dle koupi vybavení a elektromotoru.

4 Materiály na jízdní kola obecně

Zajímavé je dohledat celosvětově nejpoužívanější materiály, které se při stavbě všech jízdních kol používají. Bylo tedy provedeno zmapování a vybrány ty nejdůležitější, uvedené v Tabulce 1.

K následnému porovnání byly vybrány „pouze“ dvě vlastnosti. Konkrétně pevnost a hmotnost. Pevnost bude představovat parametr *mez pevnosti v tahu* a hmotnost je reprezentována *hustotou (měrnou hmotností)*. Poté je ještě proveden podíl těchto dvou hodnot a následné porovnání, jak si materiály mezi sebou vedou v této „podílové“ veličině, které budeme říkat *poměr pevnosti k hustotě*, nebo také můžeme přesněji *měrná pevnost*. Finálně bude ještě vše zpracováno do grafů.

Tyto dvě vlastnosti nebyly vybrány z důvodu, že by byly těmi nejdůležitějšími. Že by se od nich odvíjela celá volba materiálu a následná konstrukce. Byly vybrány proto, aby byla možná jednoduchá představa. Že když budu mít vyrobené trubky stejné délky, stejného průměru a tloušťky stěny, tak z tohoto materiálu to bude nejpevnější, z tohoto nejlehčí atd. Zároveň druhým a důležitým důvodem je ukázat, že pro někoho „zastaralá“ ocel nemá vůbec špatné vlastnosti, a když se vyrobí ve svém nejlepším světle, tak se opravdu může měřit s těmi nejlepšími.

Do návrhu a konstrukce různých typů kol vstupuje velké množství faktorů. K čemu bude určené, jak má vypadat design (tvarování trubek), v jak velké sérii se bude vyrábět, jak má být hodně tuhé, pevné, lehké. Silnice, či horské kolo? Má být tuhý rám, ale zadní stavba pružnější aby pohlcovala vibrace? Nebo i zadní stavba má být tuhá, aby se při spurtech neztrácela energie? Má mít aerodynamický tvar? Toto je jen výčet otázek, které si člověk při návrhu musí položit a především na ně dokázat odpovědět. Chci tím říct a ukázat, že opravdu pouze dvě vlastnosti, které byly vybrány, nejsou ty nejzásadnější. Že skutečně existují především ještě další důležité vlastnosti. A dále je důležité si uvědomit, že schopnosti celého kola jako celku jdou v ohromné míře optimalizovat geometrií, profilováním trubek, tzn. volbou různých zesílení nebo naopak zeslabování v místech, kde vím, že namáhání jsou minimální [24,25,26].

Ještě nutno dodat, že ani ne tak hustota, ale spíše hodnota meze pevnosti v tahu se neudává jako jedna cifra. To z důvodu, že se jedná i do jisté míry o náhodnou veličinu, která lehce kolísá kolem nějaké hodnoty. Proto je zvykem ji udávat v intervalu hodnot. Jelikož je do následných grafů nutné dosadit jedno číslo, tak jsem se rozhodl k následujícímu řešení. Čerpal jsem z více zdrojů, sepsal si co udávají jednotliví autoři za intervaly a následně byla zvolena hodnota, jež dle mého nejlépe vystihuje daný materiál. Jedno, co tu ovšem musím zmínit je, že u karbonu jsem uvedl hodnotu meze pevnosti v tahu 2500 MPa. Při tom je známo, že např. firma Scott vyrábí své karbonové rámy z různých řad karbonu. Začínají někde kolem hranice 2000 MPa a u té dnes nejmodernější řady jdou až k 7000 MPa, kde už se jedná o tzv. vysokopevnostní karbonová vlákna. Do tabulky byla uvedena hodnota 2500 MPa z důvodu, že kolem této hodnoty se často vyskytují dnešní rámy a také proto, aby bylo zkrátka vidět, že co se týče této charakteristiky, je karbon nad všemi ostatními materiály [27].

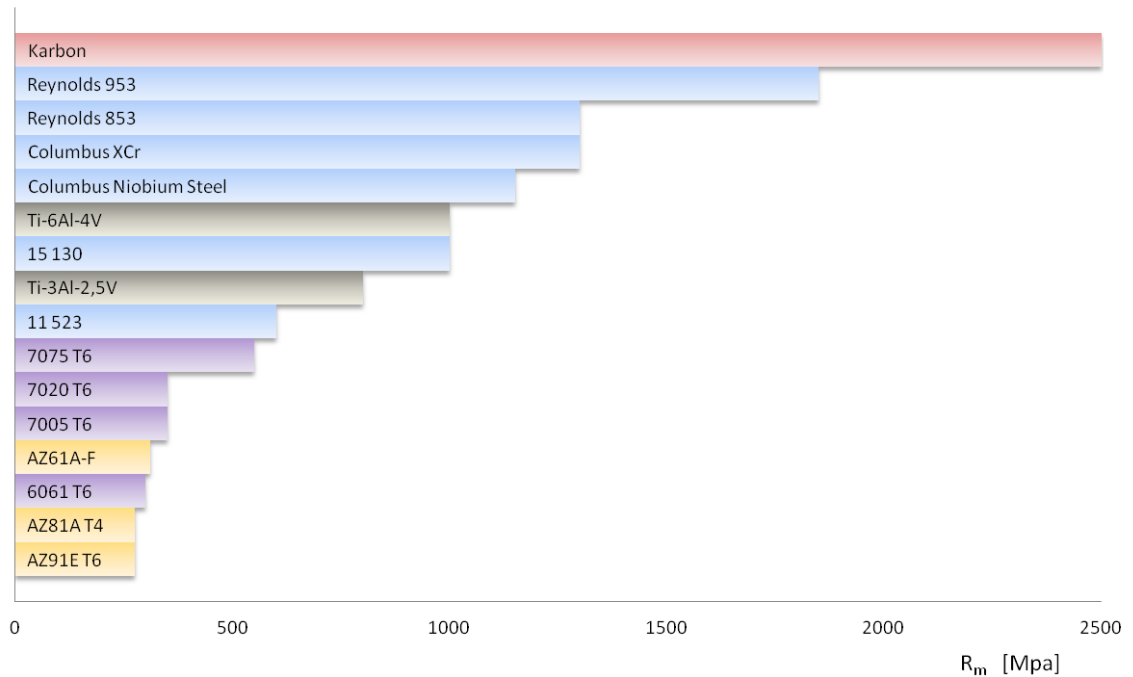
V další kapitole této práce už budeme přecházet, zaměřovat se a specifikovat ze všech materiálů a všech typů kol na materiály pro tuto práci hlavní. Tedy pro atypické konstrukce rámců. To znamená, nenajdete tam každou slitinu uvedenou v Tabulce 1 rozebranou dopodrobna, do detailu.

Světově nejdůležitější materiály na stavbu rámců jízdních kol

Materiál	Mez pevnosti v tahu R_m [Mpa]	Hustota ρ [kg/m ³]	$\frac{R_m}{\rho} \left[\frac{\text{Mpa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg}} \right]$
Ocel	11 523	7 850	0,0764
	15 130 (25CrMo4)	7 850	0,1274
	Reynolds 953	7 800	0,2372
	Reynolds 853	7 780	0,1671
	Columbus XCr	7 800	0,1667
	Columbus Niobium Steel	7 800	0,1474
Hliníkové slitiny	6061 T6	2 700	0,1111
	7005 T6	2 780	0,1259
	7020 T6	2 770	0,1264
	7075 T6	2 810	0,1957
Titanové slitiny	Ti-6Al-4V	4 420	0,2262
	Ti-3Al-2,5V	4 480	0,1786
Karbon	2 500	1 650	1,5152
Hořčíkové slitiny	AZ61A-F	1 800	0,1722
	AZ81A T4	1 800	0,1528
	AZ91E T6	1 810	0,1519

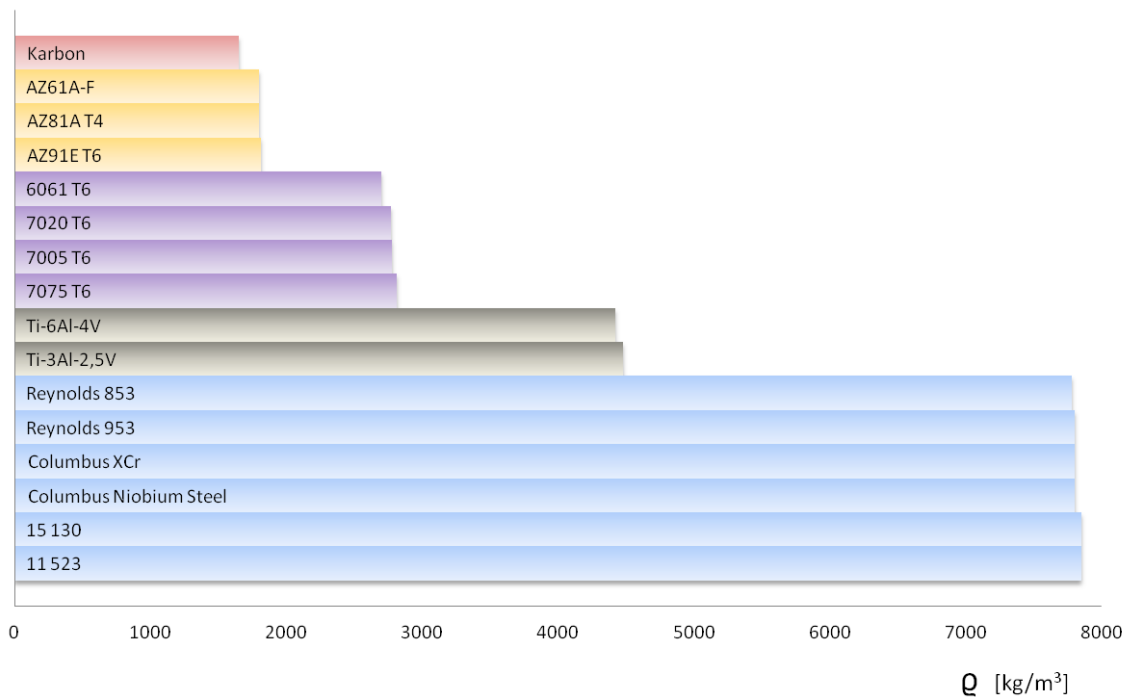
Tabulka 1: Vybrané vlastnosti nejdůležitějších materiálů

Porovnání hodnot meze pevnosti v tahu jednotlivých materiálů



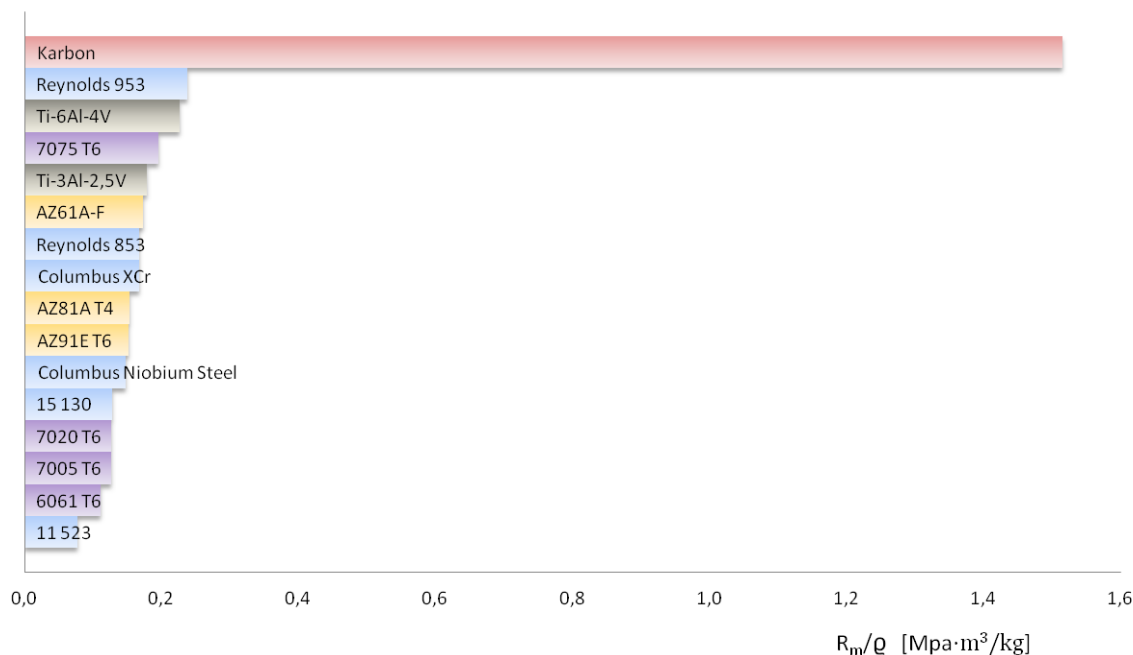
Obrázek 27: Porovnání meze pevnosti v tahu – lze říci, že karbon je „nejpevnější“

Porovnání hustoty (měrné hmotnosti) jednotlivých materiálů



Obrázek 28: Porovnání hustoty (měrné hmotnosti) – můžeme říct, že karbon je „nejlehčí“

Porovnání hodnot „podílové veličiny“ měrné pevnosti jednotlivých materiálů



Obrázek 29: Porovnání hodnot měrné pevnosti – to už je zajímavá veličina při stavbě rámu

Především posledního grafu je krásně vidět, že pokud bychom se při stavbě kola rozhodovali jaký typ materiálu použijeme jen na základě této podílové veličiny, pak nemůžeme volit jinak než karbon. V tomto směru je to dokonalý materiál na stavbu rámu jízdních kol. Přidejte karbonu ještě možnost vyrábět silnější tloušťky stěny v místech, kde je rám namáhán nejvíce, a naopak zeslabit, kde nejméně, a máte argument, který z pevnostně-hmotnostního pohledu nemá naprosto žádnou konkurenci. Ale jak již bylo řečeno, záleží i na dalších aspektech. Například cena. Také pokud by se jednalo o horské kolo a například v lese by do spodní trubky odletěl kámen, pak ocelový či hliníkový rám vydrží rozhodně s větší pravděpodobností. Jen poznámka, v grafech je uvedena hodnota meze pevnosti v tahu pro karbon 2500 MPa. Jak bylo zmíněno dříve, zkuste si tam všude dosadit onu hodnotu od firmy Scott, rovnu 7000 MPa. Dostanete skutečně úctyhodná čísla [27].

Můžeme vidět, že ocel opravdu v této „disciplíně“ předešla i své možná do jisté míry zvučnější kolegyně jako například titanové, hořčíkové či hliníkové slitiny. Skutečně trubky od americké firmy Reynolds, řada 953 je zřejmě to nejkvalitnější ocelové zboží na světě, které lze při stavbě použít. Navíc jsou tyto oceli korozivzdorné. Snoubí se v nich opravdu pozoruhodné vlastnosti. Krom tohoto druhého nejvyššího poměru hned po karbonu, jsou tu další přednosti jako například fakt, že ocel je nejprobádanější materiál. Jsou známy její únavové křivky, tepelné zpracování, ví se jak reaguje s jiným materiálem. Ocel dokáže pohlcovat vibrace, atd. Zní to náramně, ovšem nutno zmínit i nevýhody. Pokud jste příznivcem oversize trubek, tvarovaných do všelijakých profilů, všelijakých tvarů, designových hrátek, chcete-li velké viditelné logo na hlavní trubce, tak v tom případě tady nepochodíte [28].

Dále si lze povšimnout, že titanové rámy se v posledním pruhovém grafu také nacházejí značně vysoko. Když k těmto vlastnostem přidáme korozní odolnost, pak často můžeme vidět rámy bez povrchových úprav, jen precizně vyleštěné a blýskající se kovový vzhled je na světě. Hydroforming titanovým ráům není úplně cizí. Tvary sice nejsou tak zběsilé jako u hliníkových slitin, ale rozhodně „zběsilejší“ než kruhový průřez ocelových trub. Nevýhodami tady jsou vyšší cena už samotného základového prvku, která dále roste při výrobě rámu z důvodu, že titanové rámy jsou náročné na obrábění a svařování. Při TIG svařování se netečný plyn (konkrétně argon) musí přivádět nejen hubicí svářecího hořáku, ale i vnitřkem trubky, aby natavený kov nebyl v žádném kontaktu s okolním prostředím. Dále je po svaření velmi obtížné, takřka nemožné, snažit se srovnat rám, jehož geometrie je vlivem vneseného tepla deformována. Titan je totiž velice houževnatý. Toto všechno jsou důvody, proč kola z tohoto materiálu vyrábí pouze firmy přímo na to specializované, firmy, jenž se dokázaly zaměřit a zvládnout tyto náročnější postupy.

Hořčikové slitiny se také umístily v posledním grafu spíše v horní polovině. Ano, mají také několik svých velmi kladných vlastností díky, kterým se dokázaly dostat mezi nabízený sortiment materiálů na jízdní kola. Krom tohoto graficky ztvárněného dobrého poměru měrné pevnosti, jsou tu dále vlastnosti jako tlumení vibrací, ve kterém jsou hořčikové slitiny též velmi dobré. Obrobitelnost není nikterak náročná, spíše naopak. To jsou výhody. Mezi nevýhody lze zařadit prvně cenu a následně další mínus v podobě korozní odolnosti. S tím souvisí i následné svařování, kde za zvýšené teploty je ona korozní náchylnost ještě větší. Ovšem platí stejně jako u titanu, existují technologie, díky kterým lze všem těmto faktorům zabránit. Pak je možné vyrábět z hořčikových slitin i velkosériově. Jako to udělala před pár lety firma Merida ovšem dle posledních informací už od těchto ráů upustila a zaměřili se na karbon [29].

Hliníkové slitiny mají svou největší výhodu v takřka nekonečně možném tvarování jak profilů, tak trubek samotných. A to v dnešní době nejčastěji metodou hydroformingu. Navíc větším rozměrem profilu trubek se docílí zvýšení pevnosti, takže pak je možno jít s tloušťkou stěny dolů. Dále mezi klady nutno zařadit korozní odolnost, snadné obrábění, zvládnutou technologii svařováním TIG nebo možnost rovnání po svařování. A dnes již rozhodně i cenu.

A závěrem ještě pár slov k ocelovému materiálu italské firmy Columbus. Trubky XCr, které mají také velmi kvalitní poměr obou námi porovnávaných vlastností, mají také krom tohoto tu schopnost, že jsou korozivzdorné. Dle mnou dostupných informací jsou trubky z tohoto materiálu bezešvé. Všechny ostatní včetně Reynolds 953 jsou svařované. I to je zřejmě důvod, proč trubky XCr jsou dnes ze všech nejdražší na světě. Přesně tento materiál u nás v České republice používá například firma Festka a nedá na něho dopustit. Spolumajitel Festky Michael Maureček je názoru, že se ocel neustále velmi vyvíjí. A já s tímto tvrzením určitě souhlasím [26].

5 Jaký materiál na atypické rámy

Žádné dlouhé napínání. Na takovéto atypické konstrukce ráků, jakými se tato práce především zabývá, se používají výhradně slitiny hliníku nebo ocel. Alespoň já se ještě s jinou možností nesetkal, ani se mi ji nikde nepodařilo dohledat. To ovšem neznamená, že má konstruktér na výběr pouze ze dvou variant, jak už ovšem může napovědět slovo slitina. 11 523, 15 130, 6061, 7005, 7020, 7075 toto jest šest druhů materiálů, nad kterými lze uvažovat při návrhu takovýchto typů kol. Z nichž první dvě jsou oceli a zbylé hliníkové slitiny. Tyto materiály „vhodné“ budou podrobněji rozebrány a popsány v kapitole následující.

Teď ještě pojďme zpátky rozšifrovat důvody proč právě hliníkové slitiny a ocel vyhrály v tomto segmentu trhu s jízdními koly. Jelikož obrázek, popřípadě graf často vydá za tisíc slov, budou dále uvedeny tabulky, v nichž lze vidět všechny materiály, které se běžně vyskytují v cyklistickém průmyslu. Jsou jimi kompozitní materiály (karbon), slitiny titanu, hořčíku, skandia² a již zmíněná ocel a slitiny hliníku. No a v každé této tabulce je snaha o uvedení všech objektivních OBECNÝCH předností, následně OBECNÝCH nedostatků a především to nejdůležitější, PROČ právě tento druh materiálu vítězí či prohrává v tomto odvětví s atypickými jízdními koly.

Tabulka 1: Karbon

karbon		
PŘEDNOSTI	NEDOSTATKY	proč NENÍ mezi vítězi
✓ největší měrná pevnost	✗ cena	✗ cena v malých sériích
✓ koncentrovat materiál tam, kde je potřeba	✗ náchylnost k poškození při pádu, bočním nárazu, odletujícími kameny	✗ náročnější technologie
✓ anizotropie – možnost určovat vlastnosti směrem vláken		
✓ neomezené tvarování		
✓ korozivzdornost		
✓ pohlcuje vibrace		

² Skandium je zařazeno spíše z recese. Ve skutečnosti se totiž nejedná o slitinu skandia ve smyslu toho, že by dominantní složkou bylo skandium, ale v největší míře je tu zastoupen hliník, který je legovaný skandiem. Uvedeno na pravou míru, je to slitina hliníku s přísadou skandia. Důvod, proč se často objevuje takto uveden je, že ono skandium má významný podíl na výsledných vlastnostech (větší než všechny ostatní prvky v této slitině obsažené). To někoho zřejmě omylem vede k tomu, takto chybně pojmenovat danou slitinu. A nebo možná i záměrně, dát zákazníkovi „ten pocit“. No řekněte, kdo z nás může říct, že má „skandiový rám“?

Tabulka 2: Titanové slitiny

titanové slitiny		
PŘEDNOSTI	NEDOSTATKY	proč NENÍ mezi vítězi
<ul style="list-style-type: none"> ✓ korozivzdornost ✓ vysoká měrná pevnost ✓ možný hydroforming (ač zatím obtížně) ✓ nemá to každý ✓ pohlcuje vibrace 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ cena ✗ horší obrábění ✗ náročné svařování ✗ téměř nemožné rovnání po svařování 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ cena v malých sériích ✗ náročnější technologie

Tabulka 3: Hořčíkové slitiny

hořčíkové slitiny		
PŘEDNOSTI	NEDOSTATKY	proč NENÍ mezi vítězi
<ul style="list-style-type: none"> ✓ nejlépe tlumí vibrace ✓ dobrá měrná pevnost ✓ snadná obrobiteľnosť ✓ nejlehčí z kovových variant 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ cena ✗ špatná korozivzdornost ✗ náročná svařitelnost ✗ malá tvárnost 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ cena v malých sériích ✗ špatná korozivzdornost ✗ náročná svařitelnost

Tabulka 4: Ocel

ocel		
PŘEDNOSTI	NEDOSTATKY	proč JE mezi vítězi
<ul style="list-style-type: none"> ✓ nízká cena ✓ nejprobádanější materiál ✓ zvládnuté technologie ✓ vysoká pevnost ✓ pružnost – pohlcuje vibrace ✓ dobrá svařitelnost 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ velká hustota ✗ nejsou příliš možné „tvarové hrátky“ 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ cena v malých sériích ✓ zvládnuté a ne tak nákladné technologie ✓ vysoká pevnost ✓ dobrá svařitelnost ✓ pružnost – pohlcuje vibrace

Tabulka 5: Hliníkové slitiny

hliníkové slitiny		
PŘEDNOSTI	NEDOSTATKY	proč JE mezi vítězi
<ul style="list-style-type: none"> ✓ neomezené tvarování, hydrofoming ✓ dostupná cena ✓ koncentrovat materiál tam, kde je potřeba ✓ korozivzdornost ✓ nízká hustota ✓ velká tuhost ✓ dobrá svařitelnost 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ malá pružnost – rázy a vibrace nepohlcuje ✗ nižší tvrdost způsobuje náchylnost k poškození deformací 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ cena v malých sériích ✓ neomezené tvarování ✓ koncentrovat materiál tam, kde je potřeba ✓ korozivzdornost ✓ nízká hustota ✓ dobrá svařitelnost

Důvody „vítězství“ těchto dvou druhů materiálů jsou nyní snad všem jasné, pojďme se tedy podívat na následující stránky, kde bude každé ze slitin připadajících v úvahu věnována jistá část pozornosti.

6 Detailnější materiály „vhodné“

Zde tedy podrobněji rozebereme tyto slitiny: 11 523, 15 130, 6061, 7005, 7020, 7075.

Vlastnosti daného materiálu do značné míry ovlivňuje především jeho vlastní složení, ovšem tepelné zpracování se také může velmi značnou měrou podílet na všech výsledných vlastnostech.

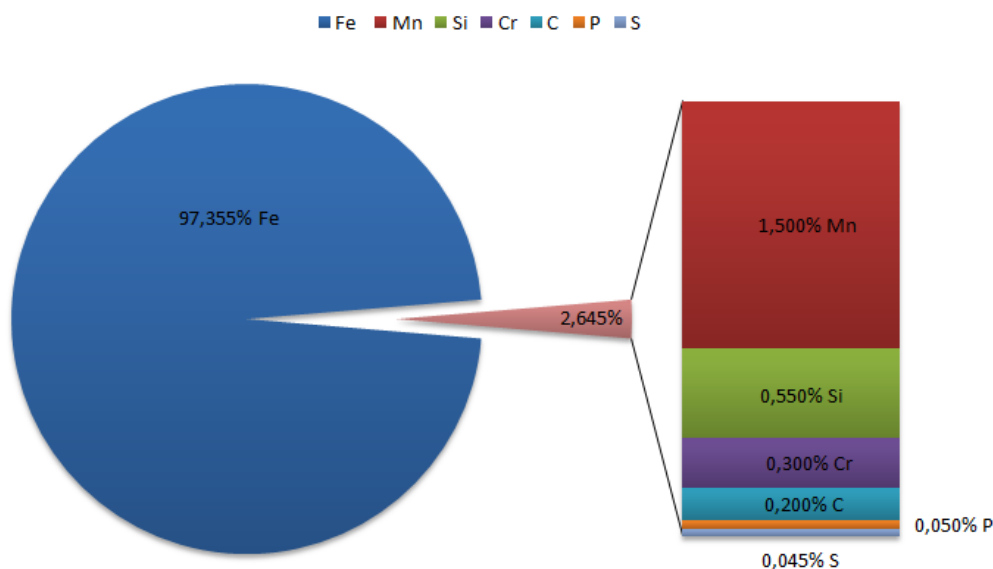
6.1 Dvě ocelové varianty

Co tyto dva vybrané ocelové materiály a tepelné zpracování? Po svaření celého rámu jistě vzniknou ve svarech a jejich okolí pnutí. Nejideálnější by tedy bylo tento rám následně celý tepelně zpracovat a to konkrétně žiháním ke snížení vnitřního pnutí. Podíváme-li se ale na porovnání nárůstu ceny výsledného produktu a nárůstu užitných vlastností, dojdeme pravděpodobně k závěru, že by k návratnosti jen těžko docházelo. Proto se také dle mnou dostupných informací tepelné zpracování ocelových rámu jízdních kol po svařování v praxi nepoužívá.

6.1.1 11 523 (S355J0) (–) (1.0553)

Toto je takový řekněme „nejskromnější“ materiál, jaký lze na stavbu rámu jízdních kol použít. I přesto ale disponuje vlastnostmi, díky kterým si i on našel své místo. Jako například dobrá svařitelnost, vyšší mez kluzu, trubky lze vyrábět jak bezešvé tak svařované, a jistě i cena.

Normou je nazýván jako konstrukční ocel nelegovaná, jakostní. Ještě přesněji tzv. ocel pro speciální použití – jemnozrnná, vhodná ke svařování, s vyšší mezí kluzu. Využívaná pro svařované konstrukce mostní, či z dutých profilů. Vhodná pro ohýbání, součásti strojů, automobilů, motocyklů a jízdních kol. Části tepelných energetických zařízení a pro součásti tlakových nádob vyrobených z tyčí. [30, 31]

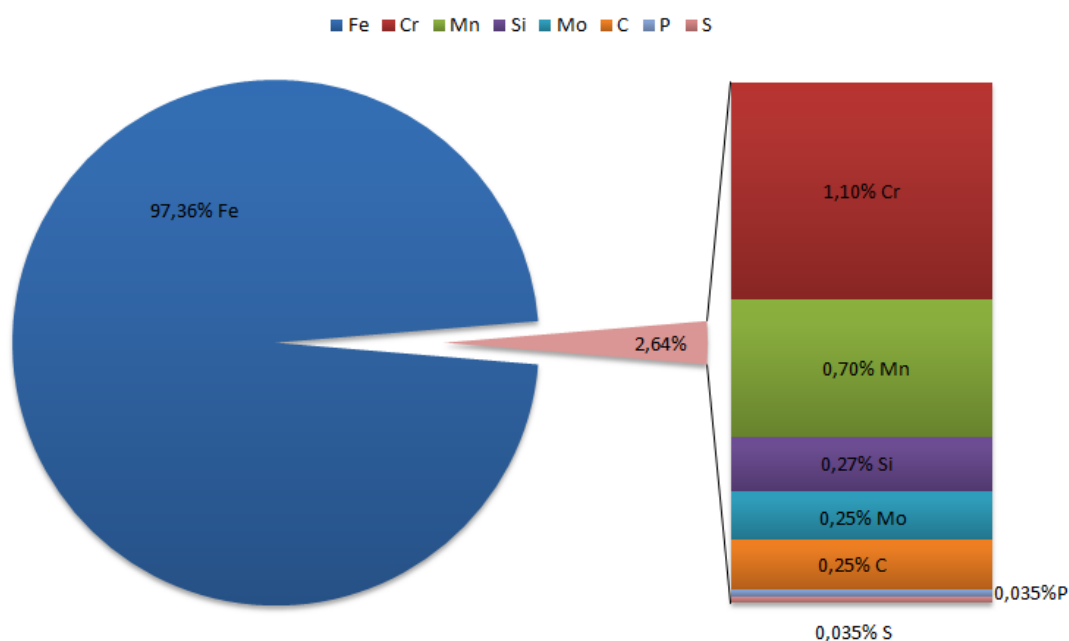


Obrázek 30: Složení materiálu 11 523

6.1.2 15 130 (25CrMo4) (4130) (1.7218)

V tomto případě se jistě jedná o nejpoužívanější, nejzaručenější a nejtestovanější ocel na stavbu rámu jízdních kol. A nejen jich, nejvíce se také používá na rámy bugin, rámy formulí Student, závodních aut, využívá se v letectví a tak dále.

Proč právě 15 130? Zřejmě proto, že se v ní setkávají vlastnosti jako dobrá svařitelnost, obrobitelnost, tvarovatelnost, vysoká pevnost, tuhost a lze ji také zušlechtit na vyšší pevnost. Při pájení nevznikají žádné problémy. Je vhodná pro výrobu bezešvých trub. Má relativně vysokou houževnatost, není náchylná k popouštěcí křehkosti. Zpravidla se používá právě v zušlechtěném stavu.



Obrázek 31: Složení materiálu 15 130

Nejvíce vlivným prvkem v tomto materiálu je chrom, jehož vyšší procento mu dává „přidanou hodnotu“ v tom, že si drží své vlastnosti i za zvýšené teploty.

Norma říká, že se jedná o nízkolegovanou ušlechtilou chrom-molybdenovou ocel vhodnou k zušlechťování. Ocel s nižší prokalitelností pro středně a výše namáhané strojní díly menších tloušťek. U nichž je třeba kombinovat zvýšenou pevnost s vysokou houževnatostí, části motorových vozidel a spojovací součásti i pro zvýšené teploty [31].

11 523 X 15 130

Rozdíl mezi těmito dvěma materiály není ani tak v hustotě, vhodnosti ke svařování, dostupnosti v požadovaných rozměrech, jako především v pevnosti. Pevnost slitiny 15 130 je asi o 40 % vyšší, čímž je možné používat trubky s menší tloušťkou stěn a tím pádem vytvořit výsledný rám lehčí. Další rozdíl bude jistě v ceně, kde 11 523 je levnější.

6.2 Čtyři varianty hliníkových slitin

Hliníkové slitiny rozdělujeme do devíti řad. Jejich názvy jsou řada: tisíc, dva tisíce, tři tisíce, ..., devět tisíc (číselné značení: 1xxx, 2xxx, 3xxx, ..., 9xxx). Liší se ve svých hlavních legujících prvcích. V cyklistickém průmyslu se používají 6xxx a 7xxx. Jaký je mezi nimi rozdíl? Tak především prvně jmenovaná řada má hlavní legující prvky hořčík a křemík. Na rozdíl od druhé, jenž obsahuje v největší míře zinek. Vlastnosti se od toho odvíjejí, například 6xxx je lépe svařitelná, lehčí ke zpracování, obrábění, ohýbání, zakružování, lisování atd. Navíc dle mnou dostupné literatury vychází dnes jako ta levnější varianta. Naopak 7xxx dosahuje vyšší pevnosti, což s sebou jistě přináší možnost použít menší tloušťky stěn a tím pádem výsledný výrobek udělat lehčí.

Co tyto čtyři vybrané hliníkové slitiny a tepelné zpracování? To už je na rozdíl od oceli jiný příběh. Vzhledem k tomu, že hliník má takovou vlastnost, že je vytvrditelný, se tu karta obrací a tepelné zpracování po svaření celého rámu dohromady provádíme velmi často. Například u slitiny 6061 vždy. Vlastnosti finálního rámu jsou pak daleko lepší. Výsledkem je materiál, za který už se nemusíme stydět a můžeme mu důvěřovat. Můžeme se podepsat pod to, že např. námi vyrobené jízdní kolo vydrží takové a takové podmínky zatěžování a zacházení.

A teď už pojďme věnovat pozornost jednotlivým vybraným hliníkovým slitinám 6061, 7005, 7020, 7075, jejich složení, vlastnostem, atd.

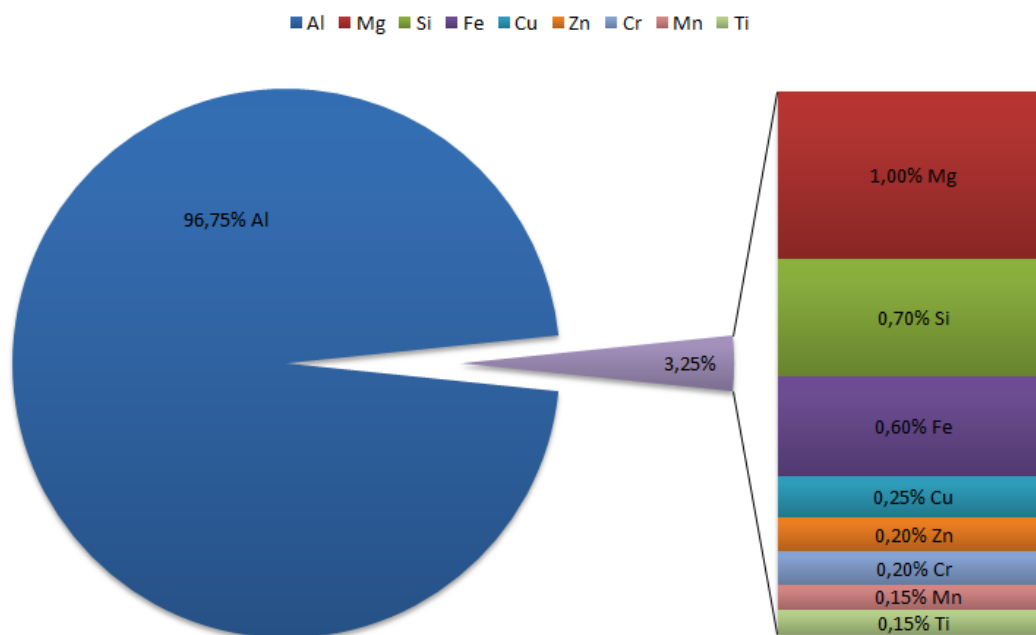
6.2.1 6061 (AlMg1SiCu)

Jedná se o nejpoužívanější materiál ze všech slitin řady 6xxx. Důsledkem je jeho velká dostupnost. Mezi v této kapitole probíranými hliníkovými slitinami vychází cenově nejvýhodněji. Což je způsobeno jednak levnějším základním materiálem a potom také onou rozšířeností.

U této slitiny je krásně vidět nárůst jejích především pevnostních vlastností po tepelném zpracování. V tepelně nezpracovaném stavu, jenž nese označení 6061 T0, se její mez pevnosti v tahu nachází okolo 150 MPa. Po tepelném zpracování T6 se tato vlastnost může vyšplhat až na hodnotu 300 MPa, což je v podstatě stoprocentní nárůst [32].

V případě, že vyrábíme jízdní kolo, obrobíme všechny potřebné trubky a následně je svaříme v rám. Ať před svařováním byla tato slitina jakkoliv tepelně zpracována, po něm má především v okolí svaru vlastnosti blízké stavu 6061 T0. Je to dáno ohřevem a následných ochlazením od svařování. Jsou to nikterak neregulované podmínky a při nich má tento materiál snahu dělat právě toto. Je tedy u něho nutné tepelné zpracování jako finální operaci po svařování provádět vždy. Dosáhneme tím v celém rámu návratu požadovaných hodnot vlastností. U ostatních třech námi probíraných slitin už ta důležitost tepelného zpracování není tak zásadní. Jsem ovšem názoru, že se i tak provádí ve většině případů u rámu jízdních kol vyrobených z těchto dvou řad.

Jak bylo napsáno výše, slitina 6061 má jako základní legující prvek hořčík a křemík. Kompletní složení je možné vidět na Obrázku 32. Mezi její vlastnosti patří zmíněná velmi dobrá svařitelnost, nenáročnost zpracování, obrábění, ohýbání, zakružování, lisování atd. Dále dobrá korozní odolnost. Využití tohoto materiálu není jenom na rámy jízdních kol. Začalo se s ním pracovat v letectví a kosmonautice, kde i dnes má stále své místo [33].

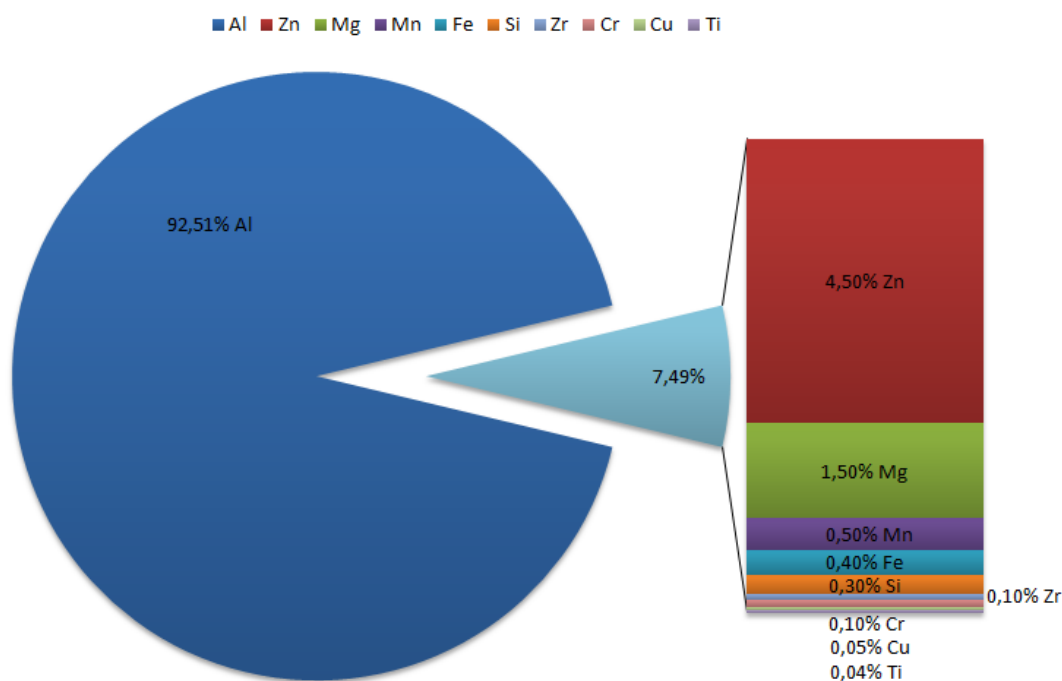


Obrázek 32: Složení materiálu 6061

6.2.2 7005 (AlZn4,5Mg1,5Mn)

Ve veloprůmyslu je toto nejpoužívanější hliníkový materiál. Především díky své pevnosti, která může po T6 dosahovat hodnoty 350 MPa. Tedy udává se asi o 20 % větší než u 6061 T6. I u tohoto materiálu dochází skoro vždy k tepelnému zpracování po svařování. Existují tu ovšem také výjimky [32, 33].

Hlavním legujícím prvkem je zinek, který má ze všech ostatních legur největší podíl na zvýšení pevnosti. Tento prvek s sebou přináší ale i drobnou nevýhodu, a to o něco horší výslednou svařitelnost oproti 6061. Ale stále dostatečně dobrou na to, aby to byl nejpoužívanější materiál. Množství ostatních prvků si lze prohlédnout na Obrázku 33. Tato slitina je i o něco tvrdší než 6061.



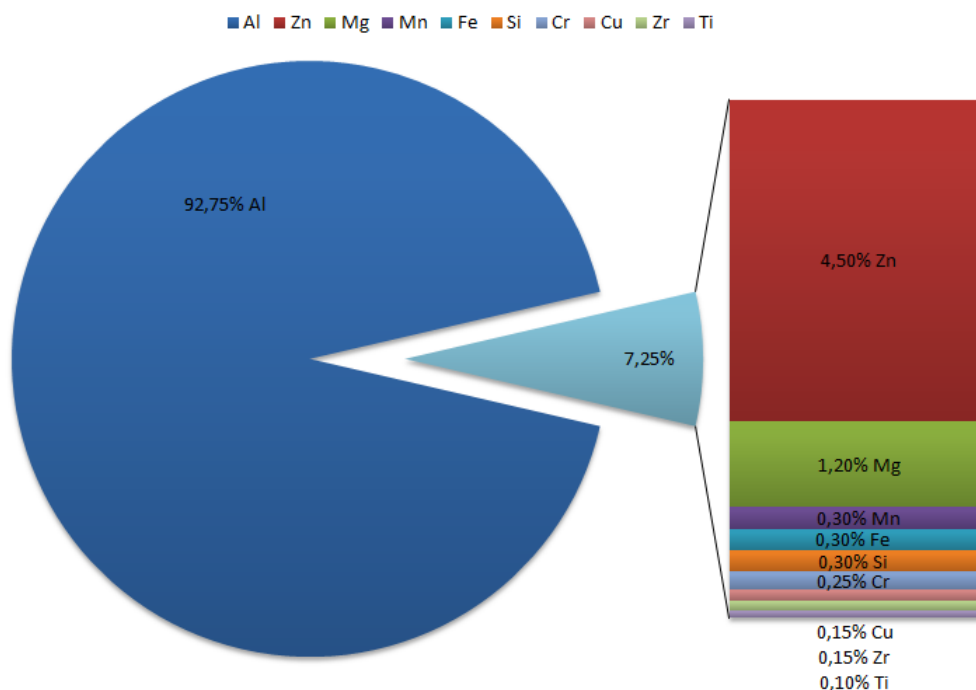
Obrázek 33: Složení materiálu 7005

6.2.3 7020 (AlZn4,5Mg1)

Tento materiál používá i např. ryze česká firma Duratec, konkrétně v tepelně zpracovaném stavu 7020 T6. Společnost se zabývá výrobou jízdních kol především z této hliníkové slitiny a také z kompozitních materiálů. Jiří Ježek, šestinásobný paralympijský vítěz, mistr světa a současně nejúspěšnější cyklista v paralympijské historii závodí na karbonových kolech právě této „domácí“ značky.

Rozdíl mezi 7020 a 7005 nevidím v podstatě žádný. Složení je téměř totožné. Jediný viditelný rozdíl je v množství hořčíku, jenž je u této slitiny přibližně o 0,3 % nižší. Pro oba tyto materiály společně můžeme říci, že jsou nejpoužívanější na jízdní kola právě proto, že se jedná o nejpevnější hliníkové slitiny, které lze svařet. Obecně se dá říct, že tepelné zpracování po svařování je lepší vždy. Odstraní se tím pnutí, navrátí mechanické vlastnosti. Ale u této dvojice materiálů se vcelku rychle dokáží mechanické vlastnosti po svařování navrátit samy schopností hliníkových slitin tzv. samovytvrditelností. Část proběhne v řádu dní, další část v rámci například následujících čtrnácti dní, či měsíce. Stojí tedy za úvahu, zda toto tepelné zpracování provádět nebo nikoliv. Jedna miska vah, na které jsou náklady a čas, jistě není zanedbatelná. Proto je na know-how každé firmy jak se k tomu postaví. Existují firmy, které například některé části rámu tepelně zpracují, u jiných už ale tuto operaci neprovedou.

Další sféry využití těchto dvou materiálů jsou stavebnictví, vesmírný, letecký a vojenský průmysl, dopravní prostředky, například karosérie vlaků, rámy motocyklů, vojenské mosty. Shrnutí, potvrzeno, svařované konstrukce středně namáhané.



Obrázek 34: Složení materiálu 7020

6.2.4 7075 (AlZn5,5MgCu)

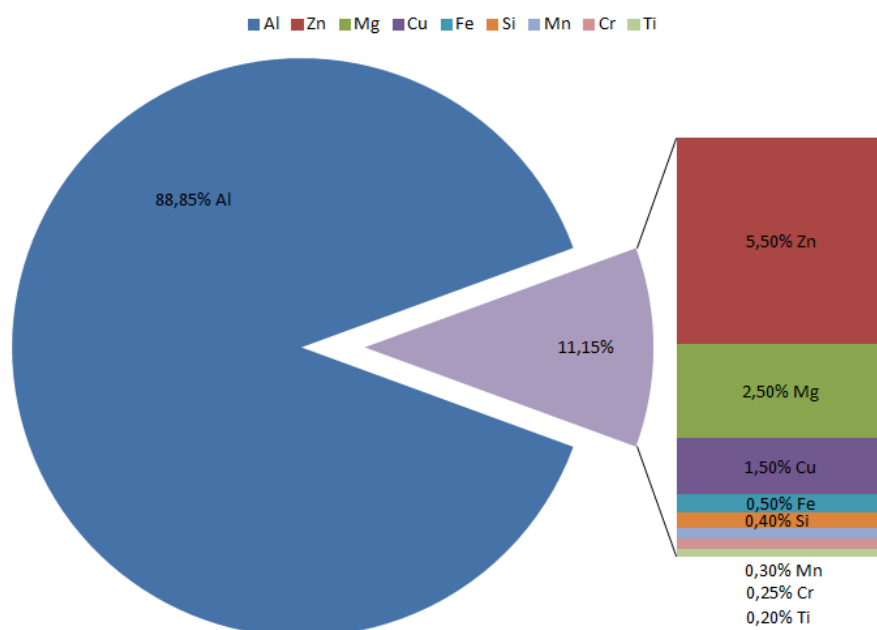
Nejdříve je nutno říct, že tento materiál se nepoužívá na stavbu rámců jízdních kol. Jedná se o jednu z nejpevnějších hliníkových slitin vůbec, ale především díky špatné, téměř nemožné svařitelnosti se nepoužívá na stavbu rámců jako takových. Na kole ji ovšem můžeme najít v podobě klik, převodníků a zkrátka komponent, které jsou zhotovené z jednoho kusu (ať už jako výkovky či obráběné součásti).

Tento materiál je téměř vždy využit po tepelném zpracování 7075 T6, které mu dodává maximální možnou pevnost, jenž dosahuje až 550 MPa. Nicméně obezřetní musíme být, co se týče korozní odolnosti, která je o něco nižší než slitiny 6061, 7005 nebo 7020. Mimochodem hodnota 550 MPa už je pevnost, jenž se dokáže rovnat některým ocelím (například ocel 11 523 z kapitoly 6.1.1 dosahuje pevnosti 600 MPa). Uvážíme-li, že se stále jedná o hliníkovou slitinu, to znamená, že je téměř o dvě třetiny lehčí, dostaneme velmi žádaný materiál [32, 33].

Materiál, který byl dříve „tažným koněm“ v leteckém a kosmickém průmyslu. Vezmeme-li v potaz, že dopravní letadla jsou v dnešní době z 60 až 70 % vyrobeny ze slitin hliníku, pak pravděpodobně zájem ani dnes neuvadá. Oněch 60 až 70 % ovšem netvoří jen tento materiál, ale jedná se především o slitiny řady 2xxx a 7xxx. Jak již bylo řečeno, jeho největší výhodou je pevnost, naopak největšími nevýhodami jsou „neschopnost“ ke svařování a také o něco nižší korozní odolnost. Dočetl jsem se, že ač svařování metodou TIG je prakticky nemožné, tak metodou odporového svařování to možné je. Odporovým svařováním lze spojovat například tenkostěnné plechy a „shodou okolností“ tenkostěnné plechy se ze slitiny 7075 T6 také vyrábějí.

Jeho další možnosti využití jsou automobilní a stavební průmysl, námořnictvo, nebo vojenské aplikace jako například zbraně. Příkladem může být M16 Rifle, což je americký samopal, který je vyrobený z části z oceli a z části právě z 7075 T6. Velmi žádaná kombinace vysoké pevnosti a nízké měrné hmotnosti (hustoty) je dále využívána v horolezectví nebo při stavbě kostry rogala.

Poslední co ještě charakterizuje tento materiál jsou dobrá únavová pevnost, dobrá obrobitelnost a vyšší cena.



Obrázek 35: Složení materiálu 7075

Závěr

Na začátku této práce, po krátké exkurzi do historie, byla zadefinována atypická kola, kterých se tato práce týká především. Následně byly uvedeny čtyři příklady, s nimiž jsem měl možnost se při vlastní výrobě osobně setkat a prakticky se podílet na jejich realizaci. Byla snaha o poukázání na zajímavosti, které lze na těchto výrobcích najít a také snad čtenář dostal představu o tom, co si pod pojmem atypický rám představuji.

Další řádky se týkaly všech materiálů, které se v dnešní době ke stavbě jednotlivých typů rámců kol používají. Slitiny hliníkové, titanové, hořčíkové, ocel a kompozit (karbon). Byly zmíněny jejich klady a zápory, a dále byly vybrány ty, které jsou využívány právě pro atypické rámy. Tedy ocel a hliníkové slitiny. Samozřejmě opět nechybí uvedení všech důvodů, proč některé materiály nejsou vhodné a naopak některé ano.

V poslední části byly zpracovány už konkrétní slitiny, nad kterými se návrhář, nebo spíše konstruktér, může rozmyšlet, pokud chce nějaká taková kola začít vyrábět a následně prodávat. Jsou jimi oceli 11 523, 15 130 a hliníkové slitiny 6061, 7005, 7020, 7075. Snad je v této poslední kapitole uveden dostatek informací k tomu, aby přečtení této práce alespoň trochu ulehčilo tomuto člověku rozhodování, která ze slitin je pro něho, potažmo jeho účely ta pravá.

V této bakalářské práci jsme se tedy mimo jiné bavili o všech materiálech, které se dnes při stavbě rámců jízdních kol používají. Myslím, že co se mechanických vlastností týče, nemá kompozit v podstatě konkurenci. Právě díky svým vlastnostem dokáže už dnes pokrýt většinu typů kol. A předpokládám, že do jeho vývoje bude v následujících letech vkládáno největší úsilí, největší množství energie a v neposlední řadě největší množství finančních prostředků.

Jedna věc jsou vlastnosti, druhým faktorem jest finanční nákladnost a do třetice je můj názor takový, že v některých případech lidem nezáleží ani tak na vlastnostech, jako spíš na image a povaze té či dané osoby, snaže odlišit se. Kdyby záleželo pouze na mechanických charakteristikách, tak myslím, že za pár let už budou jízdní kola jen z kompozitu. Ovšem tím, že technologie je zatím docela nákladná, se tato vize ještě rozhodně chvilku pozdrží. Nebo k ní nikdy nedorazí? Podle mého, v kombinaci s tou třetí stránkou – tedy snahou odlišit se a být originál, k tomuto nikdy nedorazí.

V případě atypických rámců kol bych originalitu zase tolik neřešil. Myslím, že právě finanční nákladnost na malé série bude tím největším důvodem, proč právě v tomto sektoru jízdních kol bude kompozitu ještě dlouho trvat, než se prosadí. A otázkou zůstává, zda se mu to vůbec někdy podaří.



Žijte zdravě... ☺

Literatura

- [1] BARONI, Francesco. *Bicykl: historie, mýty, posedlost*. 1. vyd. Čestlice: Rebo, 2011, 303 s. ISBN 978-80-255-0459-8.
- [2] SIDWELLS, Chris a [z anglického originálu .. přeložil Daniel AMCHA]. *Velká kniha o cyklistice*. Vyd. 1. Praha: Slovart, 2004. ISBN 978-807-2095-858.
- [3] JAROSLAV BOHÁČ, Bedřich Kareis. *Jízdní kolo*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989. ISBN 978-800-3000-708.
- [4] HRUBÍŠEK, Ivo. *Horské kolo od A do Z*. 4., aktualiz. vyd. Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 978-808-5920-550.
- [5] Galerie: Drais. *ARD.de* [online]. 2014 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: http://web.ard.de/galerie/content/nothumbs/default/976/html/1288_8986.html
- [6] ŠTĚRBA-BIKE.cz [online]. 2012 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.sterba-bike.cz>
- [7] Evolution Of The Bicycle. *Line.do* [online]. 2013 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <https://line.do/ww/evolution-of-the-bicycle/6w/vertical>
- [8] The Bicycle - History & Facts. *Mud Sweat n Gears* [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: http://www.mudsweatngears.co.uk/page_2473200.html
- [9] JOE KID ON A STINGRAY. *Styleofsport.com* [online]. 2012 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: http://styleofsport.blogspot.cz/2012_10_01_archive.html
- [10] Gary Fisher. *FRBIKES.cz* [online]. 2014 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.frbikes.cz/public/image/article/clanky/retrorace/pacsun4.jpg>
- [11] About Bicycle Touring About. *Struck.us* [online]. 2007 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: http://www.struck.us/CheckList/Bicycle_Touring_About.html
- [12] SERENITY VS CIPOLLINI. *BikeWar.com* [online]. [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <https://bikewar.files.wordpress.com/2013/08/cipollini-speed-italianchampion-bgwhite.jpg>
- [13] Bicycle. *Super2cv.com* [online]. 2005 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.super2cv.com/category/2-roues/bicycle/>
- [14] Ibike. *Http://pair-studio.com* [online]. 2008 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://pair-studio.com/ibike/>

- [15] Cargo-bike. *Http://styleofsport.com* [online]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://styleofsport.com/cargo-bike/>
- [16] *Biomega* [online]. [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.biomega.com>
- [17] Rohloff AG [online]. [cit. 2015-05-24].
Dostupné z: <http://www.rohloff.de/en/company/index.html>
- [18] CARBON DRIVE [online]. 2010 [cit. 2015-05-24].
Dostupné z: <http://www.gatescarbondrive.com>
- [19] Konstrukce rozvodů. *TipCars* [online]. 2011 [cit. 2015-05-29]. Dostupné z: <http://www.tipcars.com/magazin-konstrukce-rozvodu-je-lepsi-retez-ci-remen-4843.html>
- [20] *Radkutsche: bewag was!* [online]. 2013 [cit. 2015-05-24].
Dostupné z: <http://www.radkutsche.de>
- [21] Radkutsche. *COMPANYGREEN* [online]. 2009 [cit. 2015-05-24].
Dostupné z: <https://companygreen.wordpress.com/tag/radkutsche/>
- [22] *URBAN ARROW: SMART URBAN MOBILITY* [online]. 2015 [cit. 2015-05-26].
Dostupné z: <http://www.urbanarrow.com>
- [23] Urban Arrow family Testrad zu verkaufen. *PACKRAD.DE* [online]. 2010 [cit. 2015-05-29]. Dostupné z: <http://packrad.de/2013-09/urban-arrow-family-testrad-zu-verkaufen>
- [24] Rámová alchymie. *ŠTĚRBA* [online]. 2005 [cit. 2015-05-29].
Dostupné z: <http://www.sterba-kola.cz/item/ramova-alchymie>
- [25] Designové hrátky nebo SKUTEČNÝ PŘÍNOS? *IVelo.cz* [online]. 2005, (4) [cit. 2015-05-29]. Dostupné z: <http://www.ivelocz/casopis/2005-4/ukazka1/>
- [26] Karbon z Vinohrad. *CYKL.CZ* [online]. 2014 [cit. 2015-05-29].
Dostupné z: <http://cykl.cz/item/karbon-z-vinohrad>
- [27] THE CARBON EXPERT. *Scott* [online]. 2013 [cit. 2015-05-29].
Dostupné z: <http://carbonexperts.scott-sports.com/en/index.html#.VWgI96jjc5E>
- [28] *Reynolds Technology* [online]. 2015 [cit. 2015-05-29].
Dostupné z: <http://reynoldstechnology.biz>
- [29] *Merida Bikes* [online]. [cit. 2015-05-29]. Dostupné z: <http://www.merida-bike.cz>

- [30] *Ferona, a.s. - Velkoobchod hutním materiálem* [online]. 2015 [cit. 2015-05-29].
Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/index.php>
- [31] FREMUNT, Přemysl. *Konstrukční oceli*. 1. vyd. Brno: CERM, 1996, 261 s.
ISBN 80-858-6795-8.
- [32] AZO Materials [online]. 2015 [cit. 2015-05-29].
Dostupné z: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6652>
- [33] *Encyklopedie hliníku*. Děčín: Alcan Děčín Extrusions, 2005,
1 elektronický optický disk (CD-ROM). ISBN 80-890-4188-4.